

3 COMPOSANTS DE LA MACHINE

Nous allons maintenant étudier la façon dont sont constitués les circuits électroniques capables de contenir les données et les instructions vues plus haut.

Nous détaillerons d'abord :

- les composants électroniques, puis
- les circuits logiques, et enfin
- les composants complexes, comme le microprocesseur et les périphériques.



COMPOSANTS ELECTRONIQUES

Nous ne nous intéresserons qu'aux composants majeurs: les **diodes** et les **transistors**. Pour cela nous devons décrire auparavant ce qu'est un cristal, un conducteur, un isolant et un semi-conducteur.

CRISTAL

Lors de leur union en structures cristallines, certains atomes mettent en commun un petit nombre (souvent 4) de leurs électrons. Cet échange constitue la force qui les lie et assure la cohésion du cristal.

CONDUCTEUR

Un conducteur se caractérise par la **présence d'électrons libres** perdus par les atomes lors de leur assemblage. Une différence de potentiel déplace les électrons libres plus ou moins facilement; on définit ainsi les concepts de courant électrique et de résistance électrique.

ISOLANT

Un isolant ne possède **pas d'électrons libres**; il n'y a donc pas de déplacement d'électron sous l'action d'une différence de potentiel, donc pas de courant électrique.

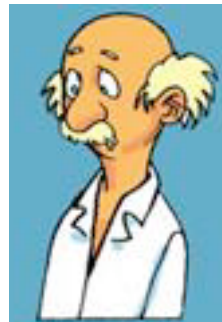
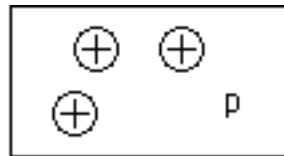
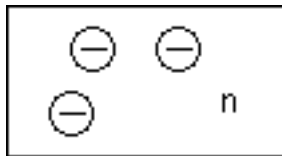
A noter pour mémoire qu'un isolant placé entre deux conducteurs soumis à une différence de potentiel constitue un accumulateur à électrons, un réservoir à énergie, une pile électrique.

SEMI-CONDUCTEUR

Un semi-conducteur peut être considéré comme un isolant instable possédant des électrons qui ne demandent qu'à être libres.

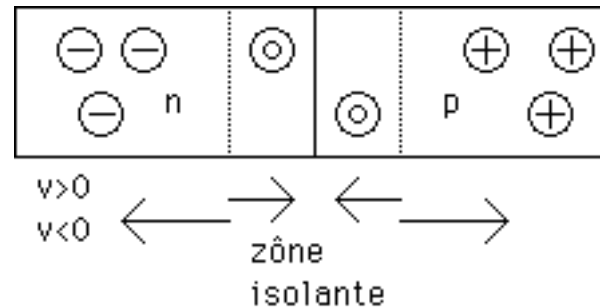
Le SILICIUM est un semi-conducteur possédant 4 électrons quasi stables. On le fait basculer vers un état instable en diffusant dans une proportion de l'ordre du millionième dans son volume certains corps particuliers.

Avec du PHOSPHORE ou de l'ARSENIC, le résultat du "dopage" est le passage à 5 électrons instables qu'on peut interpréter comme étant équivalent à un électron libre et on obtient un semi-conducteur du type **n** (charge négative); avec du BORE ou du GALLIUM, on descend à 3 électrons instables, ce qui peut s'interpréter comme étant une sorte d'"électron positif" libre et on obtient un semi-conducteur du type **p** (charge positive). Ces impuretés viennent s'installer dans les défauts de la structure cristalline de base; au total un semi-conducteur dopé devient un conducteur par excès ou par défaut d'électrons.



DIODE

L'idée est d'assembler deux types différents: on crée par exemple ce qu'on appelle une jonction **p_n**. Au voisinage de la jonction un échange d'électrons se fait entre les deux parties et l'on obtient un équilibre du type $(5+3) \leftrightarrow (4+4)$, ce qui a pour effet de rendre cette zone isolante.

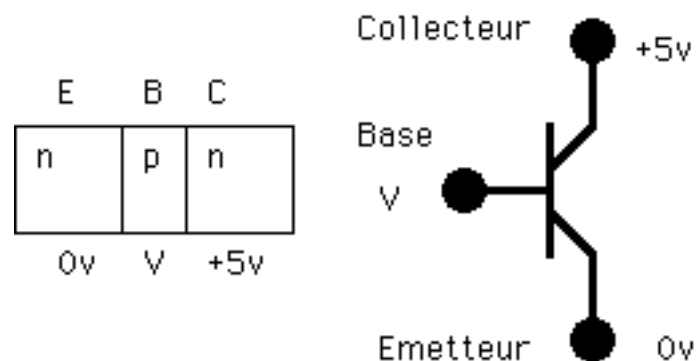


En appliquant une différence de potentiel dans un sens on élargit cette zône isolante et le courant ne passe pas; dans l'autre sens on réduit la zône et le courant finit par passer.

On a donc simplement réalisé un composant **dissymétrique** conducteur dans un sens, isolant dans l'autre.

TRANSISTOR

On peut assembler trois types de semi-conducteurs pour créer par exemple la jonction **n_p_n**.



Si la tension **V est nulle** la jonction Emetteur_Base est isolante, **le courant** passant de l'émetteur vers le collecteur **est nul**.

Si **V est faiblement positif**, la jonction Emetteur_Base devient conductrice, la jonction base_collecteur est isolante, mais ne constitue qu'une barrière étroite; si la différence de potentiel dans la jonction Emetteur_Base est assez grande **le courant passe** de l'émetteur vers le collecteur. V reste toujours petit par rapport à +5v, le courant passant de l'émetteur vers la base reste faible devant le courant passant de l'émetteur vers le collecteur (1/1000 environ).

On a ainsi constitué un composant qui se comporte comme un **commutateur**: suivant la tension appliquée à la base on laissera ou non passer le courant de l'émetteur vers le collecteur,

On a également constitué un **amplificateur**: comme le courant (ou la tension) ainsi contrôlé est bien plus important que le courant (ou la tension) pilote, on peut réaliser des circuits amplifiant par exemple le petit courant alternatif créé dans une antenne par une onde électromagnétique et faire vibrer un écouteur: le poste à transistor est basé sur ce composant.

Pour mémoire: Les anciens postes à galène étaient des postes à transistor avant la lettre (galène = transistor naturel).

CIRCUIT INTEGRE

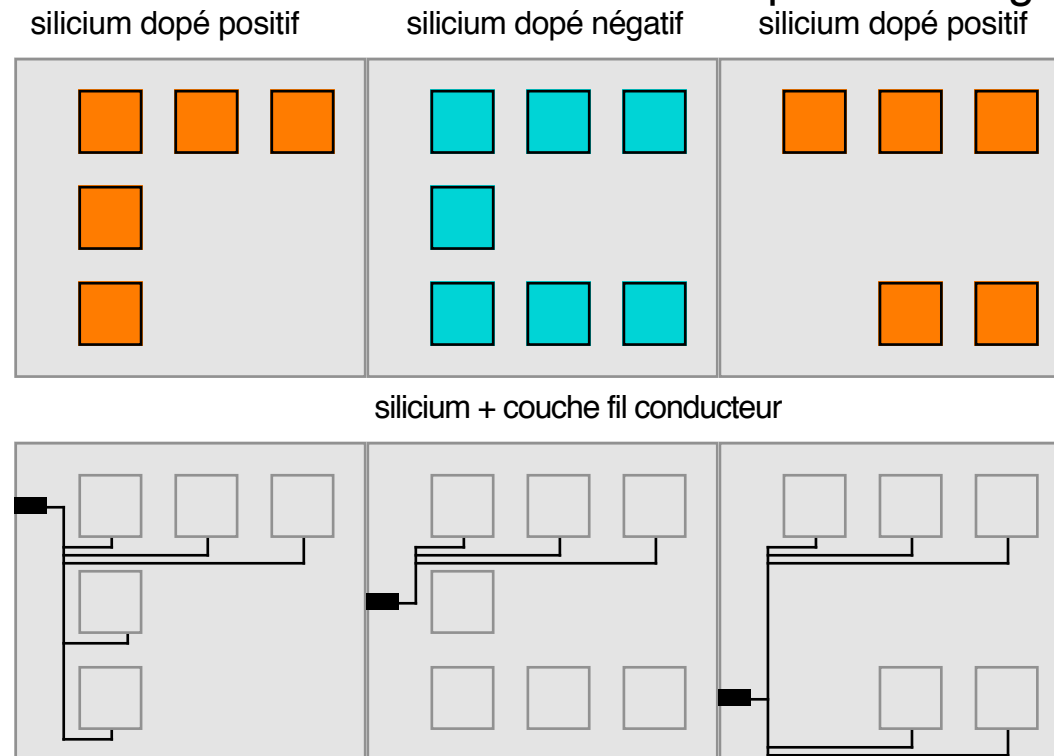
La réalisation d'une diode peut se faire en accolant deux cristaux de types différents et en ajoutant deux bouts de fils conducteurs pour l'intégrer dans un circuit.

On peut aussi utiliser une technique plus sophistiquée en diffusant des impuretés dans un même cristal à travers deux masques différents:

- le premier filtre la diffusion d'une impureté créant une zone de type n;
- le second filtre la diffusion d'une impureté créant une zone de type p;

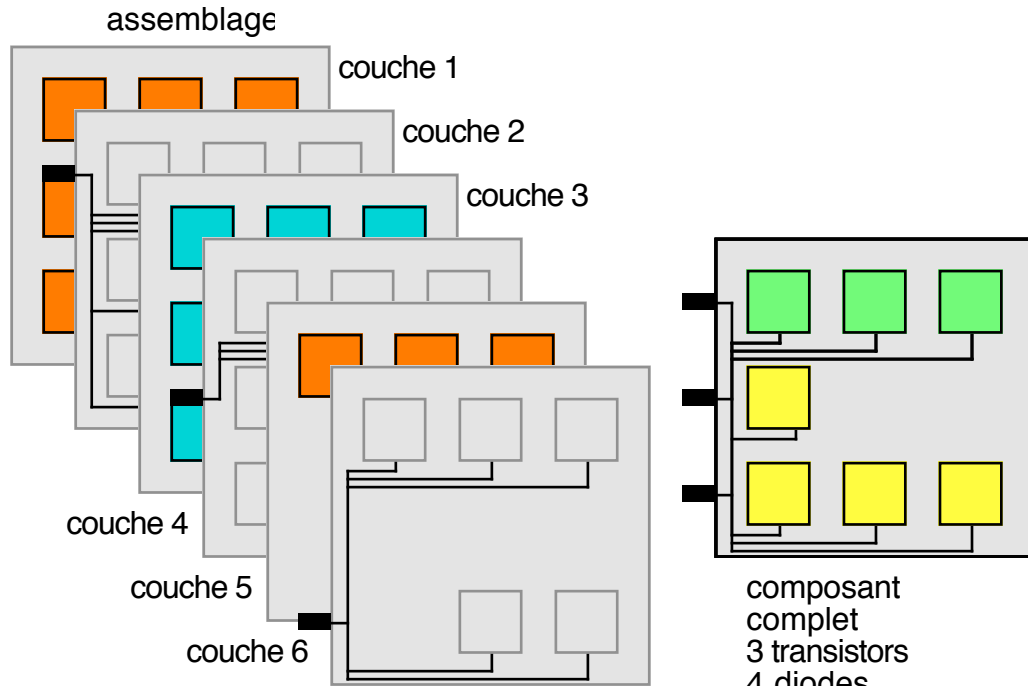
Au total on obtient le même effet que l'accolement de deux cristaux de types différents, de façon plus simple et plus compacte. Il en est de même pour la réalisation d'un transistor, et au delà de tous les assemblages possibles et imaginables de ces composants, de résistances et de capacités et de conducteurs composant les circuits intégrés.

Simulation de la création d'un composant intégré:

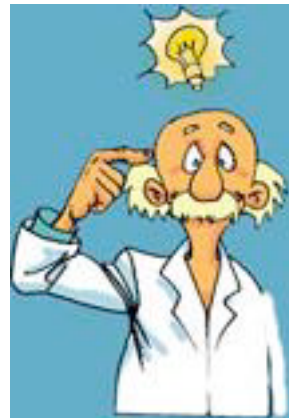


en fait d'assemblage de plaques, il s'agit d'une seule plaque recevant une succession d'opérations de masquage et d'application des divers éléments (arsenic, bore, or, ...) pour aboutir à un empilement de couches se comportant localement comme des composants en interconnection.

L'avantage de cette technique est que l'on peut directement créer sur un même cristal (en général du SILICIUM) un circuit complet composé de zones équivalentes à des diodes et à des transistors et bien sûr de zones conductrices ou isolantes. Il suffit de dessiner une série de masques correspondant à diverses opérations comme la diffusion d'impuretés, l'attaque par acide de feuilles métalliques (cuivre, or,...), le dépôt de vernis isolants, etc...

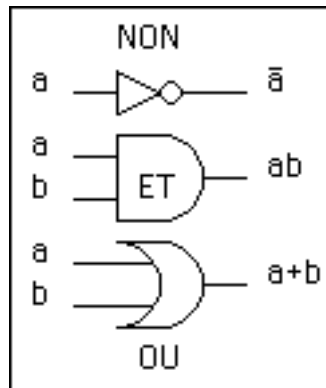


L'un des premiers microprocesseurs, le MOTOROLA 68000, comprenait 68000 transistors sans compter les autres composants accessoires (diodes, résistances, capacités). Actuellement, c'est par millions qu'on compte les transistors dans les PowerPC, Pentium et autres processeurs.



CIRCUITS LOGIQUES

En combinant les éléments précédents entre eux (diodes, transistors), on peut créer des circuits électroniques assurant des fonctions logiques.



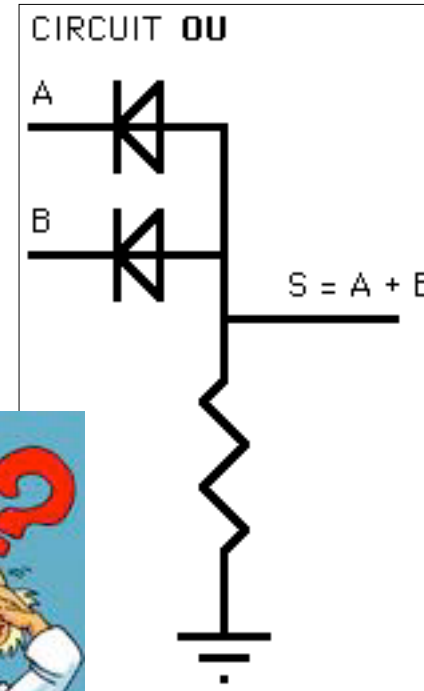
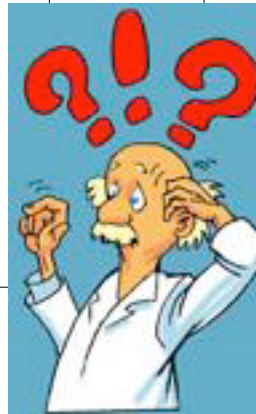
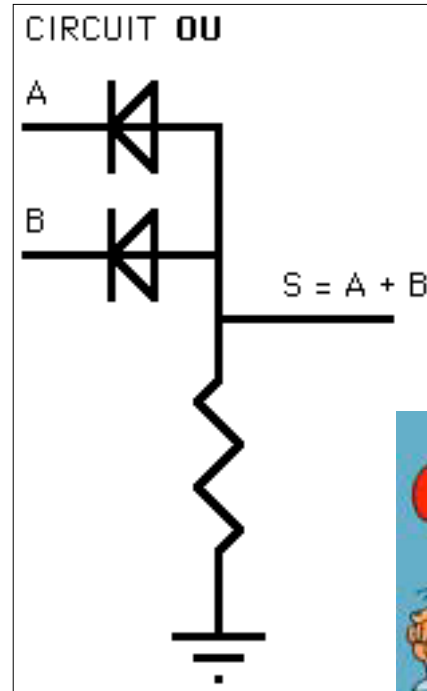
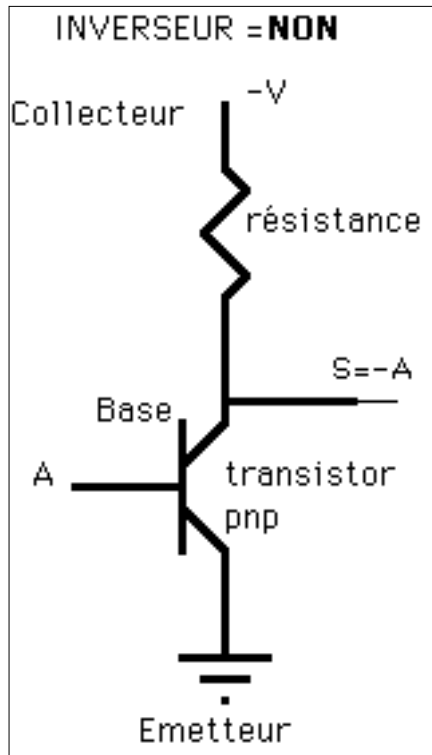
LES 3 FONCTIONS DE BASE

NON : inversion
 OU : réunion, somme logique.
 ET : intersection, produit logique

L'algèbre de BOOLE montre qu'avec ces trois fonctions on peut réaliser les fonctions logiques les plus complexes.



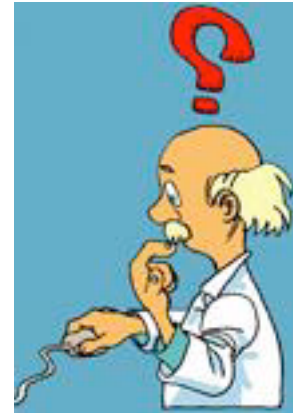
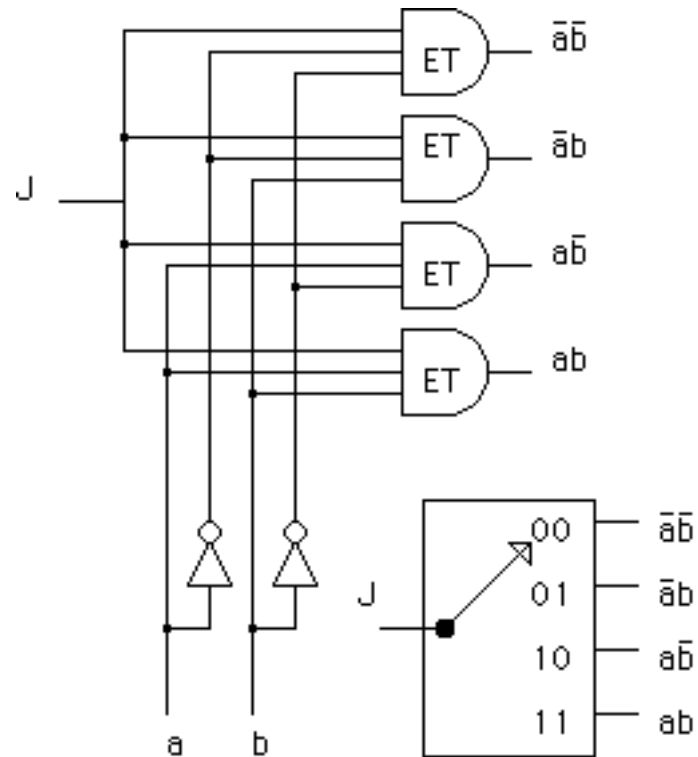
Voici le détail des trois circuits de base.



Le circuit ET est identique au circuit OU à la polarité près.

UNE FONCTION LOGIQUE: L'AIGUILLAGE

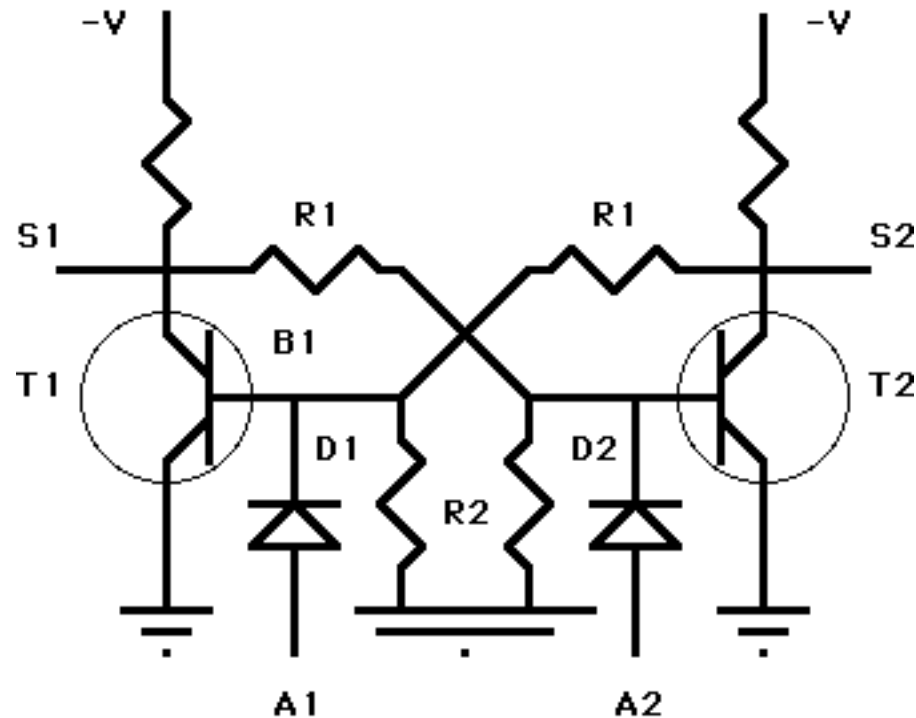
On limitera l'étude des circuits logiques à un exemple de combinaison particulière des composants précédents, celle d'un circuit multiplexeur ou démultiplexeur:



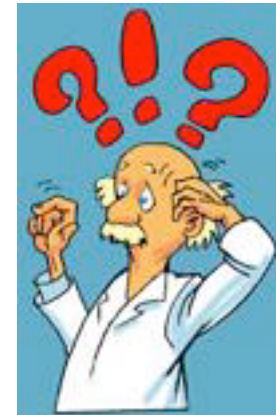
Il s'agit de l'un des composants essentiels de l'Unité Centrale de Calcul (CPU) d'un ordinateur.

MEMOIRES A SEMI-CONDUCTEURS

En combinant les portes logiques on peut aussi créer des bascules bistables, ou mémoires à un bit. En fait on entre là dans le domaine des circuits séquentiels, le domaine des automates dont l'état dépend de la valeur des entrées mais aussi de l'état précédent, donc en quelque sorte du temps.



CIRCUIT BASCULEUR BISTABLE R-S

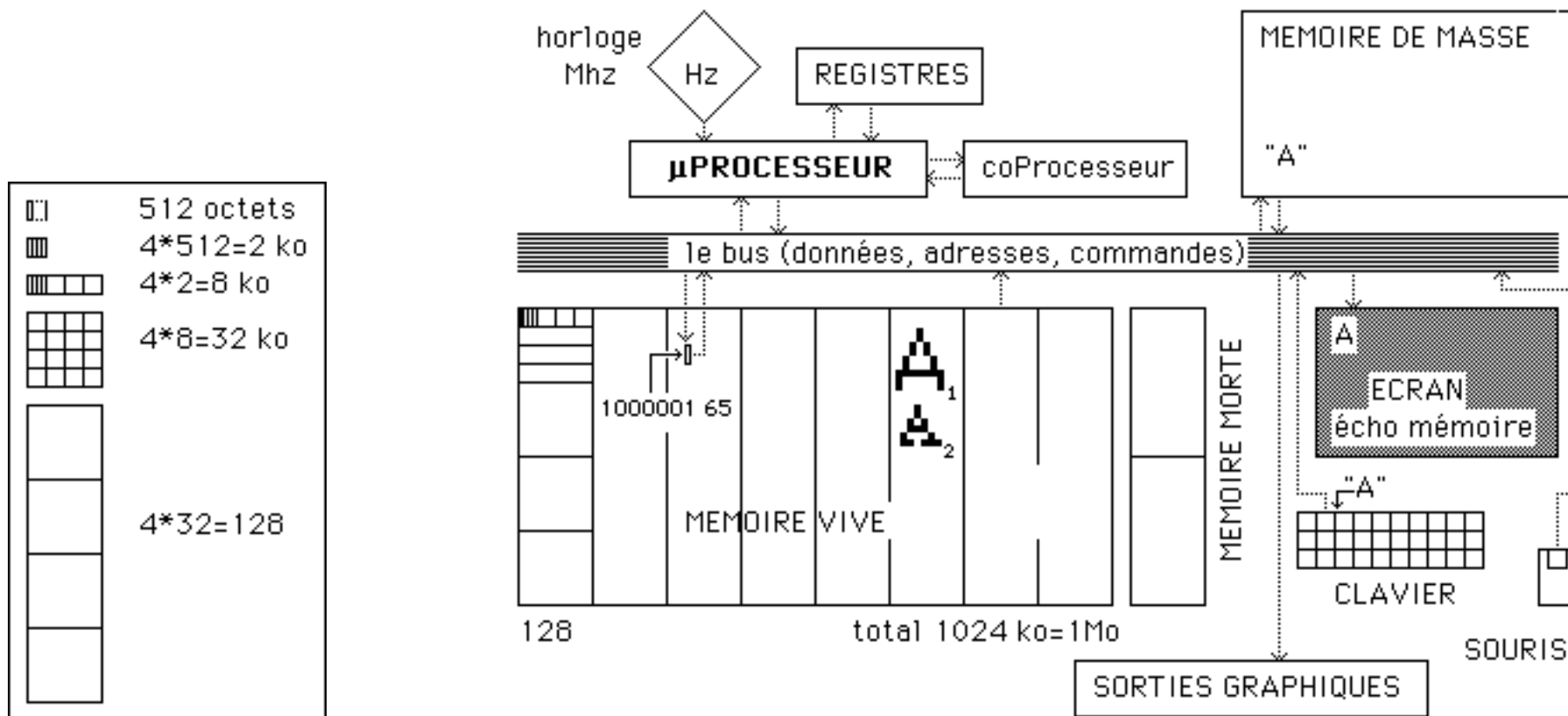


Tant qu'il existe une tension V non nulle, les deux transistors ci-dessous mis en opposition se trouveront ou non dans un état saturé stable suivant la valeur du signal en entrée. Il sera possible de lire cet état, sans le modifier, à tout moment.

On a donc bien un élément de mémoire 1 bit.

MICROORDINATEUR & PERIPHERIQUES

Nous nous servons d'un schéma proposant une sorte de mise à l'échelle des cases de mémoire: sur la base d'un petit rectangle de 512 octets (tampon/buffer), on représente l'image d'un "banc" de mémoire de 128 ko, et à partir de cette image, on peut proposer une représentation schématique (parmi bien d'autres) de la structure d'un micro-ordinateur.



MICRO-PROCESSEUR & BUS

LE MICROPROCESSEUR

On a déjà défini un programme informatique comme étant “une suite de données et d'instructions en mémoire traitées séquentiellement”. C'est la charge d'un circuit intégré particulier, le micro-processeur d'assurer le traitement de ces données et instructions.

En gros, un micro-processeur, cadencé par une horloge qui le pousse à son maximum, commandé par un séquenceur nano-programmé, passe son temps à charger, depuis la mémoire centrale dans ses registres de travail, des données, des adresses, et/ou des instructions, à exécuter ces instructions qu'il a cablées dans ses circuits, et à renvoyer les résultats dans la mémoire.

On a entrevu que les instructions étaient du genre simple: translation en mémoire, et additions, le tout au niveau du bit et de l'octet, c'est pratiquement tout ce que le micro-processeur sait faire; c'est au programmeur de décomposer son problème en ces quelques instructions élémentaires.

LE BUS

Le bus est l'ensemble des lignes qui assurent la connexion du microprocesseur au reste du monde, cad la mémoire centrale et les périphériques. En fait il y a autant de bus que de types d'informations à transmettre: les données, les adresses et les commandes.

- 1) dans un micro-ordinateur de 8,16 ou 32 bits, le bus de données aura 8,16 ou 32 lignes; les transferts sont dans les deux sens;
- 2) le bus d'adresses est lui uni-directionnel et a autant de lignes qu'il en faut pour adresser l'espace mémoire disponible: 16 lignes permettent d'adresser $2^{16} = 65536$ adresses différentes;
- 3) le bus de commandes transporte tous les signaux utilisés pour synchroniser les différentes activités qui se déroulent dans les différentes unités fonctionnelles du micro: signaux d'horloge, signaux de lecture et d'écriture, signaux d'interruption, etc...

Physiquement, le bus est exploité en commun, à la manière d'une autoroute avec de nombreux points d'entrée dont le nombre n'est pas fixé à l'avance; mais pendant toute communication, seules deux unités sont en contact réel.



MEMOIRE CENTRALE: RAM, ROM, TAMPONS

Les bascules, ou mémoires élémentaires à un bit, sont placées dans une matrice de lignes conductrices et organisées en faisceaux de lignes permettant de représenter des mots: 8 pour un octet, 32 pour 4 octets..., la largeur du bus d'adresses donnant le nombre total de mémoires adressables.

La mémoire centrale est normalement accessible en lecture et en écriture: on parle de mémoire vive, mémoire de travail, ou **RAM** en anglais (Random Access Memory, cf plus loin pour une explication). Une partie de la mémoire peut n'être accessible qu'en lecture, on parle de mémoire morte ou **ROM** en anglais (Read Only Memory).

En général, se trouvent dans la mémoire morte des informations figées par le constructeur, par exemple le programme de lancement (alors que la mémoire vive est vide) ou des routines fondamentales câblées comme certaines bibliothèque graphiques.

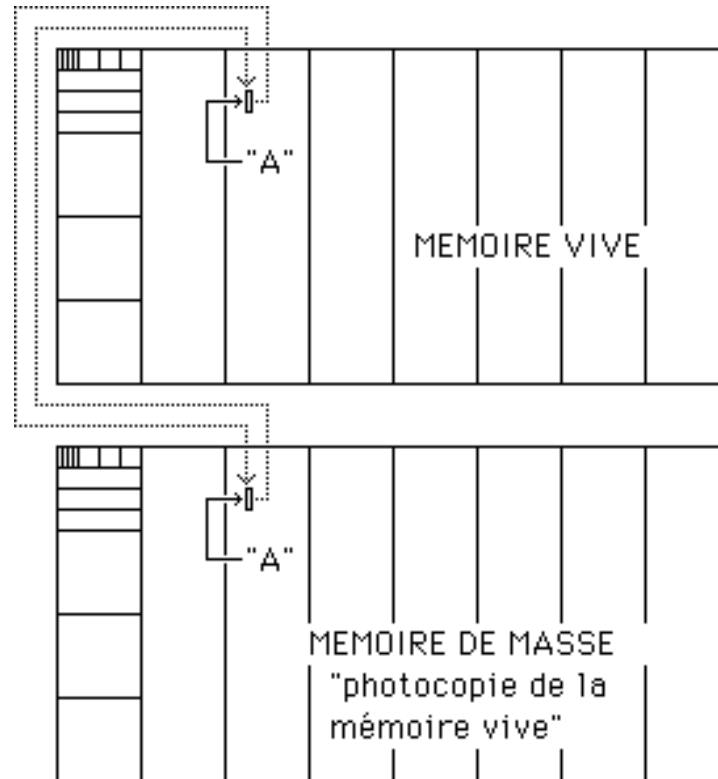
Dans le cas de la mémoire vive, les informations ne sont conservées que tant que le système est alimenté en courant (sinon les bascules dans l'état -5v ou +5v perdent leur charge et retombent doucement (nano-seconde) à l'état 0v, ce qui n'est ni 1 ni 0...), et un redémarrage de la machine les retrouvera à l'état 0v.

Dans le cas des mémoires mortes, les bascules ont été figées dans un état qui est retrouvé intact au redémarrage.

Les transferts d'information se font à travers des mémoires annexes **tamppons** (buffers) dont la taille est souvent de l'ordre de 512 octets; ces tampons permettent, entre autre, de gérer les asynchronismes entre les divers organes de l'ordinateur (vitesses de traitement différentes, etc...). Il est plus intéressant de traiter les transferts par paquets de 512 octets que octet après octet.

MEMOIRES DE STOCKAGE: BANDES, DISQUES

La mémoire vive étant volatile, il est nécessaire, avant toute interruption de courant, de “copier” ses informations sur un type de support à mémoire permanente.



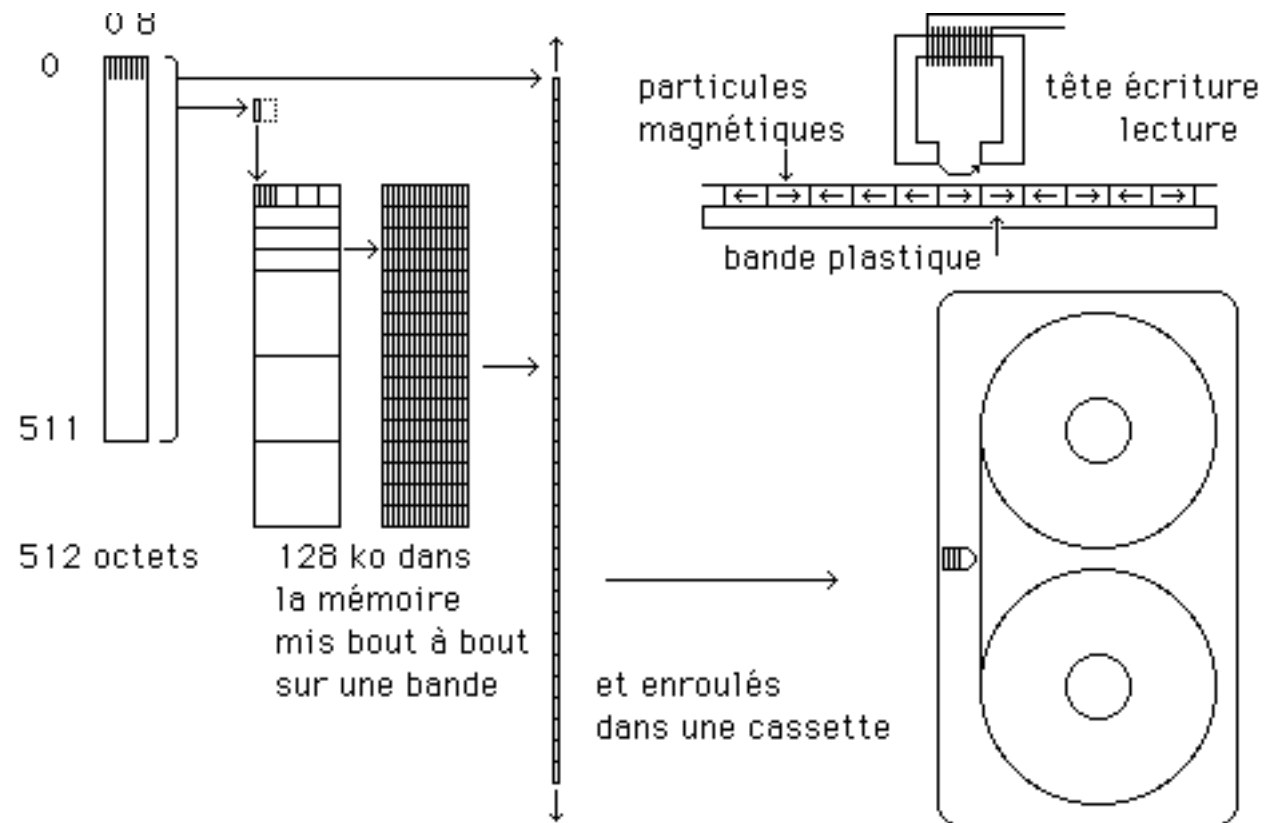
La mémoire vive et la mémoire de masse ont la même structure de blocs.

Mais les blocs sont disposés de façon différente sur le support physique:

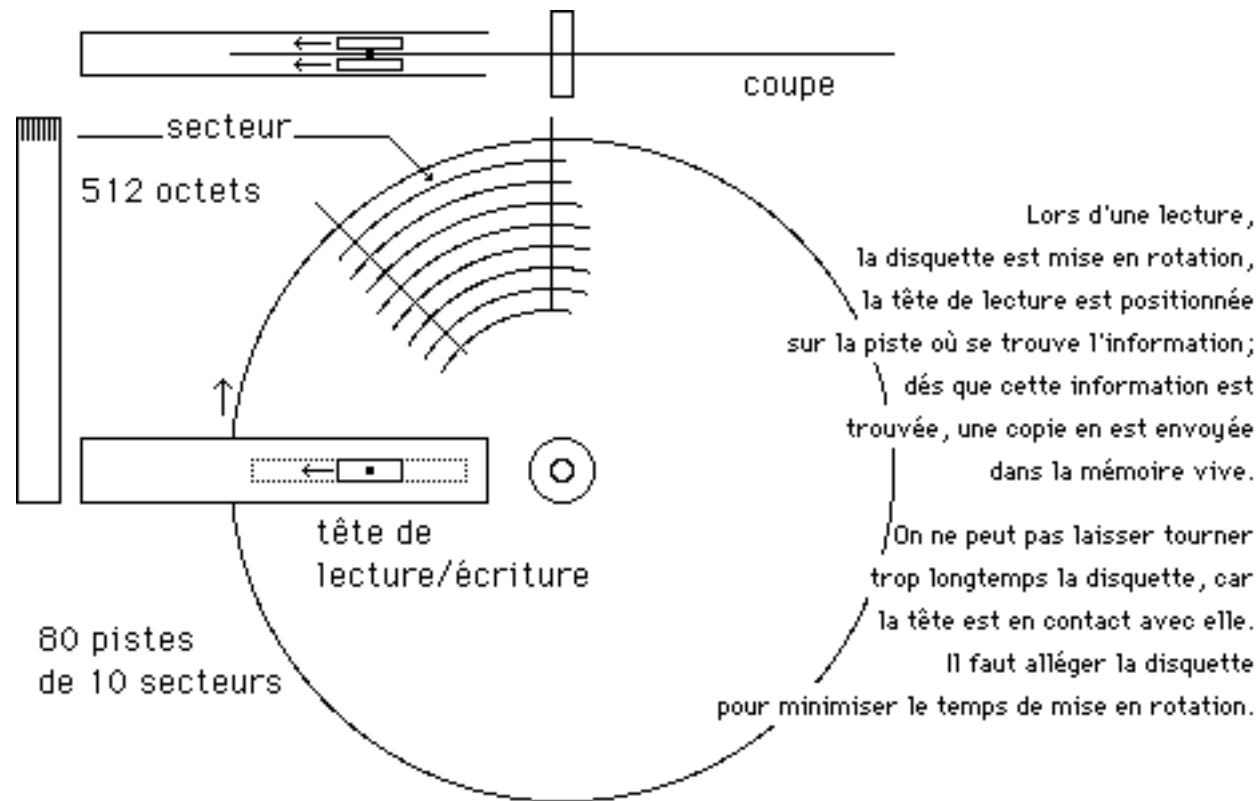
- de façon linéaire (bandes magnétiques)
- de façon circulaire sur les pistes d'un disque:
10 blocs (secteurs) de 512ko sur 80 pistes sur les deux faces d'un disque donnent une capacité de 800 ko.

La structure de l'information est conservée: les paquets de 512 octets pourraient être disposés sur une plaque magnétisable par une tête d'écriture déplaçable en x et y, à la façon d'une table traçante; **en fait, on les dispose linéairement sur des bandes magnétiques, ou en pistes concentriques sur des disques.**

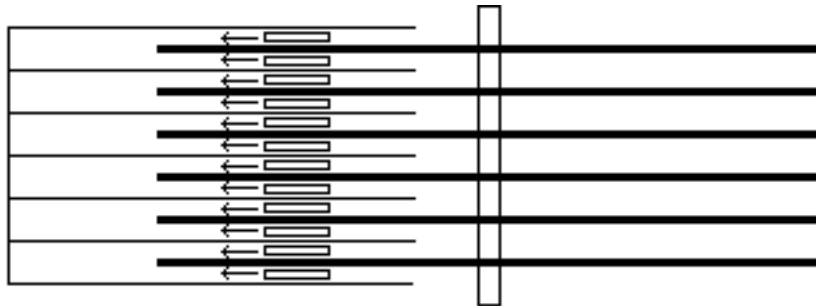
BANDE MAGNETIQUE



DISQUETTE SOUPLE



DISQUE DUR



Dans un disque dur, il n'y a pas contact entre la tête et la surface du disque.

Il est donc possible de laisser tourner le disque ; on gagne le temps de mise en rotation ; le disque peut être plus épais, la densité des informations peut être plus grande du fait d'une meilleure précision du positionnement.

On peut multiplier les disques. Exemple élémentaire simplifié :

1 disquette = 2 faces de 80 pistes de 10 secteurs de 512 octets = 800 kO

1 disque dur de 25 disques de 800 kO = 20 MO

En fait on réalise des disques durs de 20 MO avec un ou deux disques de grande densité.

Les temps d'accès sont réduits dans un facteur de 10 par rapport à la disquette



ENTREES: CLAVIER, SOURIS

Le clavier est un ensemble de touches activant une matrice de fils: chaque contact génère un code ASCII.

La souris permet de positionner un curseur sur l'écran, en captant les déplacements relatifs de la main sur un support quelconque; un minimum de précision dans le capteur et le feed-back visuel "position main/position curseur" permet une précision égale au pixel. Un ou plusieurs boutons permettent de simuler l'appui du curseur sur l'écran sur un dessin représentant un objet, avec ou sans options (un ou plusieurs bouton, ou touches spéciales sur le clavier)

SORTIES: ECRAN, IMPRIMANTE

Essentiellement, ce qui apparait sur l'écran ou sur l'imprimante, n'est que la copie d'une plage de la mémoire vive. Un écran 640/480 pixels N&B pèse $640 \times 480 / 8 / 1024 = 37,5$ ko. Une page A4 de 576/720 pixels sortie sur une imprimante à définition 72 ppi pèse $576 \times 720 / 8 / 1024 \approx 50$ ko. Sortie sur une imprimante à 300 ppi soit environ 4 fois plus de points par pouce, cette page pèsera 810 ko.

Dans tous les cas, afficher ou imprimer consiste à lire, bit après bit, le contenu de la mémoire associée à l'information à sortir, et à écrire chaque bit sur un support particulier, un écran ou une imprimante.

ECRAN

Nous en retiendrons deux types:

1) Tube cathodique à balayage, le plus courant et pouvant représenter des matrices de points de 1024/1024 et plus, les points (ou pixels) pouvant être codés sur un bit (2 états le NOIR et le BLANC) ou sur plusieurs bits: avec 8 bits on obtient 256 nuances de gris (ou 85 nuances de rouge, 85 nuances de vert, et 85 nuances de bleu si le tube peut afficher la couleur); avec 24 bits on obtient 256 nuances pour chacune des 3 couleurs, soit une capacité d'afficher en même temps seize millions de couleurs différentes en même temps (qualité quasi photographique).

2) Ecran à cristaux liquides, le présent pour les portables, l'avenir pour les autres avec des matrices dont chaque point sera actif et bientôt intelligent. Les cristaux pouvant être polarisés par un champ électrique parallèlement ou orthogonalement à l'écran, laissent passer ou bloquent le passage de la lumière et matérialisent ainsi des pixels noirs ou blancs ou même en couleur.

IMPRIMANTES

MATRICE D'AIGUILLES

Le papier est entraîné par un rouleau sous une tête comprenant une matrice d'aiguilles (nombre variable de l'ordre de 16x16) se déplaçant perpendiculairement au mouvement du papier et balayant donc toute sa surface; les aiguilles frappent le papier à travers un ruban encré en fonction de la valeur du bit correspondant. La définition habituelle est de 144 ppi (soit deux fois celle de l'écran)

JET D'ENCRE

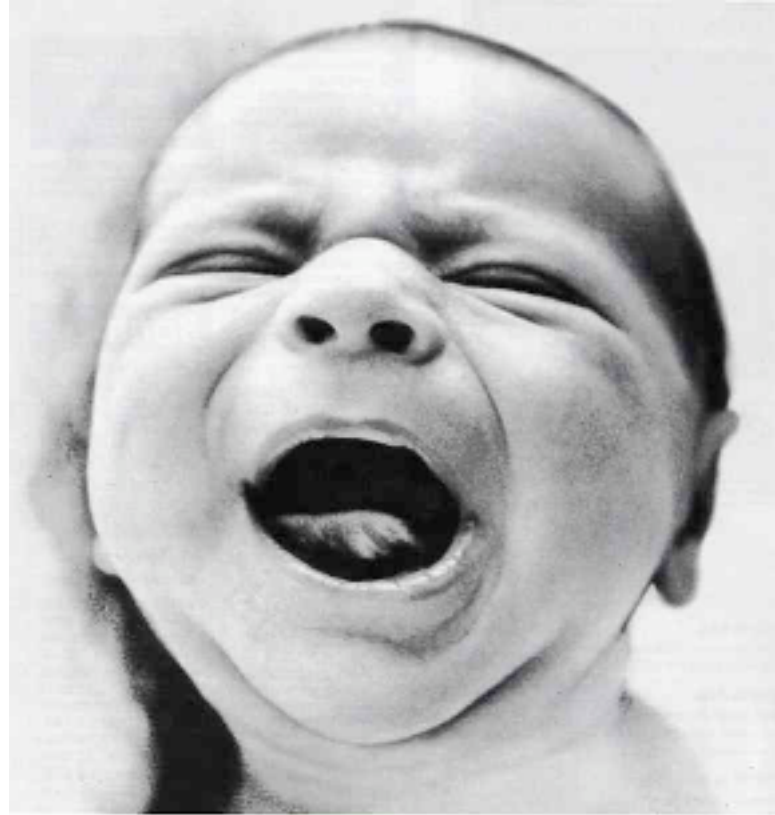
Même chose que précédemment, mais la tête est constituée d'un réservoir d'encre équipé de bouches par lesquelles sont projetées de minuscules gouttes d'encre. La définition habituelle est de 300 ou 400 ppi

FAISCEAU LASER

Il s'agit d'un appareil du type photocopieur dont l'optique est remplacée par un laser balayant le cylindre et qui est modulé en fonction de la valeur du bit correspondant. La définition habituelle est de 300 ou 400 ppi

TABLE TRACANTE

Le principe est totalement différent des précédents systèmes: l'ordinateur envoie à la tête de la table une suite d'ordres de mouvement en X et en Y. Il ne s'agit plus d'une copie d'écran (bien que celà soit aussi possible).



fin du chapitre sur les composants d'un ordinateur

... ouufff!