

Table des matières

TABLE DES MATIERES	1
1 INTRODUCTION.....	1-1
2 NOTIONS D'ELECTRICITE ET D'ELECTRONIQUE	2-1
2.1 ATOMES, ELECTRONS, PROTONS ET AUTRES PARTICULES	2-1
2.2 CHARGE ÉLECTRIQUE	2-2
2.3 ÉLECTRICITÉ STATIQUE	2-2
2.4 ÉLECTRONS LIBRES, CONDUCTEURS, ISOLANTS.....	2-3
2.5 COURANT ELECTRIQUE	2-3
2.6 CIRCUIT ELECTRIQUE / CIRCUIT HYDRAULIQUE	2-4
2.7 U TENSION OU "DIFFERENCE DE POTENTIEL".....	2-4
2.8 I INTENSITE DU COURANT	2-5
2.9 R RESISTANCE	2-5
2.10 LOI D'OHM.....	2-6
2.11 G CONDUCTANCE $G = 1/R$	2-6
2.12 LES RESISTANCES (COMPOSANTS).....	2-6
2.13 REGROUPEMENT DE RESISTANCES EN SERIE.....	2-8
2.14 REGROUPEMENTS DE RESISTANCES EN PARALLELE	2-8
2.15 EXERCICES	2-9
2.16 PUISSANCE	2-11
3 LES EFFETS DU COURANT	3-1
3.1 L'EFFET JOULE.....	3-1
3.2 EFFETS CHIMIQUES.....	3-2
3.3 EFFETS ÉLECTROMAGNÉTIQUES.....	3-2
3.4 EFFETS PHYSIOLOGIQUES.....	3-3
4 LE COURANT ALTERNATIF	4-1
4.1 INTERET DU COURANT ALTERNATIF	4-1
4.2 CARACTERISTIQUES DU COURANT ALTERNATIF	4-1
4.3 GENERATION D'UNE SINUSOÏDE	4-2
4.4 VALEURS D'UN COURANT ALTERNATIF	4-2
4.5 DEPHASAGE COURANT / TENSION.....	4-3
4.6 LOI D'OHM POUR LE COURANT ALTERNATIF.....	4-3
4.7 CALCUL DE LA PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF	4-4
4.8 SIGNAUX ELECTRONIQUES - IMPULSIONS	4-4
5 MESURES ELECTRIQUES	5-1
5.1 LE MULTIMÈTRE.....	5-1
5.2 MULTIMÈTRE DIGITAL	5-2
5.3 SÉLECTION DU TYPE DE MESURE	5-2
5.4 PRÉCAUTIONS	5-3
5.5 MESURE D'UNE TENSION CONTINUE	5-3
5.6 CHOIX DU CALIBRE DU VOLTMÈTRE	5-4
5.7 MESURE D'UNE TENSION ALTERNATIVE.....	5-4
5.8 MESURE D'UN COURANT.....	5-4
5.9 MESURE D'UNE RÉSISTANCE.....	5-4
6 CONDENSATEUR	6-1
6.1 RÔLE.....	6-1
6.2 CONSTITUTION	6-1
6.3 QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ.....	6-2
6.4 CAPACITÉ	6-2
6.5 LOI D'OHM POUR LES CONDENSATEURS.....	6-2
6.6 IMPEDANCE	6-3

6.7	USAGES DES CONDENSATEURS	6-3
6.8	EFFET NON DÉSIRÉ	6-4
7	SELF.....	7-1
7.1	CHAMP MAGNÉTIQUE D'UN COURANT	7-1
7.2	CHAMP MAGNÉTIQUE D'UNE BOBINE	7-1
7.3	L'INDUCTANCE	7-2
7.4	L'INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE	7-2
7.5	LA SELF-INDUCTION	7-2
7.6	LOI D'OHM POUR LES BOBINES	7-3
8	TRANSFORMATEUR.....	8-1
8.1	ROLE	8-1
8.2	DESCRIPTION	8-1
8.3	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	8-1
8.4	RAPPORT DE TRANSFORMATION.....	8-2
8.5	CONSTRUCTION	8-2
8.6	AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES TRANSFORMATEURS.....	8-2
8.7	LES TRANSFORMATEURS DANS LE DOMAINE INFORMATIQUE	8-3
8.8	APPLICATIONS PARTICULIÈRES	8-3
8.9	REPRÉSENTATION SYMBOLIQUE	8-3
9	LES SEMI-CONDUCTEURS	9-1
9.1	CONDUCTEURS – ISOLANTS – SEMI-CONDUCTEUR.....	9-1
9.2	DOPAGE DES SEMI-CONDUCTEURS.....	9-1
9.3	LA JONCTION PN	9-2
9.4	LA DIODE.....	9-3
9.5	REDRESSEMENT DU COURANT ALTERNATIF	9-4
9.6	TRANSISTOR BIPOLAIRE	9-4
9.7	TRANSISTOR A EFFET DE CHAMP.....	9-6
9.8	LE TRANSISTOR MOSFET.....	9-8
10	CIRCUITS IMPRIMÉS	10-1
10.1	CARTES ÉLECTRONIQUES.....	10-1
10.2	FABRICATION DES PCB.....	10-2
10.3	SOUDURE DES COMPOSANTS	10-3
11	CIRCUITS INTÉGRÉS	11-1
12	COMPOSITION D'UN PC	12-1
12.1	QU'EST-CE QU'UN PC ?	12-1
12.2	LE PC VU DE L'EXTÉRIEUR	12-1
12.3	CONNEXIONS VERS L'EXTÉRIEUR	12-3
12.4	LE PC VU DE L'INTÉRIEUR.....	12-4
13	LE BOITIER.....	13-1
13.1	CRITÈRES DE CHOIX D'UN BOITIER	13-1
13.2	TOUR OU PC DE BUREAU (TOWER OR DESKTOP).....	13-1
13.3	BOITIERS RACK 19 POUÇES.....	13-2
13.4	FACTEUR D'ENCOMBREMENT	13-3
13.5	VENTILATION DU BOITIER.....	13-3
13.6	MONTAGE ET DÉMONTAGE	13-4
14	CABLAGE ET CONNECTIQUE	14-1
15	LE BLOC D'ALIMENTATION	15-1
16	LES ONDULEURS.....	16-1
16.1	ROLE	16-1
16.2	CONSEQUENCES DE CES PERTURBATIONS	16-1

16.3	LES ONDULEURS.....	16-1
16.4	QUE CONTIENT UN UPS ?	16-1
16.5	QUI CELA CONCERNE-T-IL ?.....	16-2
16.6	CLASSIFICATION DES UPS	16-2
17	LA CARTE MERE.....	17-1
17.1	EXAMINONS UNE CARTE MERE	17-1
17.2	CRITERES DE CHOIX D'UNE CARTE MERE	17-2
17.3	FACTEUR D'ENCOMBREMENT	17-2
18	LE PROCESSEUR.....	18-1
18.1	LE BOÎTIER DU CPU	18-1
18.2	LES SOCKETS	18-2
18.3	GÉNÉRATIONS ET FAMILLES DE PROCESSEURS.....	18-3
18.4	HUITIEME GENERATION : LA MOBILITE.....	18-8
18.5	NOMENCLATURE ET NUMEROTATION DES PROCESSEURS	18-11
19	LE BUS.....	19-1
19.1	BUS ET TRANSPORTS EN COMMUN.....	19-1
19.2	LE ROLE DU BUS DE LA CARTE MERE.....	19-1
19.3	LA BANDE PASSANTE	19-2
19.4	L'ARCHITECTURE MULTI-BUS	19-3
19.5	LES BUS D'EXTENSIONS.....	19-8
20	LE CHIPSET	20-1
20.1	NORTH BRIDGE / SOUTH BRIDGE	20-1
20.2	CARACTERISTIQUES DU CHIPSET	20-1
20.3	LES PRINCIPAUX CONSTRUCTEURS.....	20-2
20.4	IDENTIFICATION DU CHIPSET	20-2
21	LA MEMOIRE.....	21-1
21.1	LA ROM	21-1
21.2	LA RAM	21-2
21.3	STRUCTURE DE LA RAM	21-3
21.4	LES TEMPS D'ACCES	21-5
21.5	TYPES DE RAM DYNAMIQUES.....	21-5
21.6	CARACTERISTIQUES DES MEMOIRES.....	21-8
21.7	LE « DUAL CHANNEL ».....	21-11
22	TEST ET DIAGNOSTIC DE LA MEMOIRE	22-1
22.1	PROBLEMES IMPUTABLES AUX RAM LORS DU DEMARRAGE	22-1
22.2	DEFAUTS INTEMPESTIFS DE LA RAM	22-1
22.3	MEMTEST86+	22-2
22.4	DIAGNOSTIC DE LA MEMOIRE WINDOWS	22-2
22.5	MEMTEST.....	22-4
23	LES DISQUES.....	23-1
23.1	ROLE	23-1
23.2	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES D'UN DISQUE DUR	23-1
23.3	LES CONTROLEURS DE DISQUES	23-2
23.4	DISQUES ET INTERFACES IDE	23-3
23.5	EVOLUTION DU STANDARD IDE / ATA	23-3
23.6	DISQUES ET INTERFACE SCSI	23-5
23.7	DISQUES DURS EXTERNES.....	23-5
23.8	DISQUES DURS NAS	23-5
24	LE RAID	24-1
	RAID 0.....	24-1

RAID 1	24-2
RAID 10 ET RAID 0+1	24-2
RAID 2	24-3
RAID 3	24-3
RAID 4 ET 5.....	24-4
25 CD ET DVD.....	25-1
26 LES PERIPHERIQUES	26-1
26.1 DEFINITION.....	26-1
26.2 SYSTEME D'EXPLOITATION ET PILOTES DE PERIPHERIQUES.....	26-1
26.3 GESTIONNAIRE DE PERIPHERIQUES.....	26-2
26.4 MISE A JOUR D'UN PILOTE DE PERIPHERIQUE	26-4
27 LES CARTES D'EXTENSIONS.....	27-1
28 LA CARTE GRAPHIQUE.....	28-1
28.1 COMPOSITION D'UNE CARTE GRAPHIQUE	28-2
28.2 CONNEXION A LA CARTE MERE	28-3
28.3 CONNEXIONS VERS L'EXTERIEUR.....	28-4
29 CARTE SON.....	29-1
30 CARTES RESEAU	30-1
31 LUMIERE ET COULEURS	31-1
31.1 COMBIEN EXISTE-T-IL DE COULEURS ?	31-1
31.2 QU'EST-CE QUE LA LUMIERE ?	31-1
31.3 PERCEPTION DES COULEURS	31-2
31.4 SYNTHESE ADDITIVE.....	31-3
31.5 SYNTHESE SOUSTRUCTIVE.....	31-4
31.6 BIBLIOGRAPHIE.....	31-5
32 ECRANS / MONITEURS	32-1
32.1 CARACTERISTIQUES DES ECRANS.....	32-1
32.2 L'ECRAN A TUBE CATHODIQUE	32-2
32.3 LCD ECRAN A CRISTAUX LIQUIDES.....	32-4
33 IMPRIMANTES	33-1
33.1 LES DIFFERENTS MODELES	33-1
33.2 IMPRIMANTES A IMPACT.....	33-1
33.3 IMPRIMANTES A JET D'ENCRE.....	33-2
33.4 IMPRIMANTES LASER.....	33-2
33.5 CARACTERISTIQUES DES IMPRIMANTES	33-3
33.6 INTERFACE DE CONNEXION DES IMPRIMANTES.....	33-4
33.7 LES PILOTES.....	33-4
33.8 COMPARAISON DES IMPRIMANTES.....	33-5
33.9 MAINTENANCE ET DEPANNAGE	33-5
34 SCANNERS.....	34-1
35 WEBCAM.....	35-1
36 ASSEMBLAGE D'UN PC	36-2
36.1 CHOIX DES COMPOSANTS – MONTAGE - INSTALLATION	36-2
36.2 RECOMMANDATIONS AVANT L'ASSEMBLAGE	36-3
36.3 RECOMMANDATIONS POUR LA SECURITE (LA VOTRE ET CELLE DES COMPOSANTS)	36-3
36.4 LE BOITIER	36-3
36.5 LA CARTE MERE.....	36-4
36.6 RACCORDEMENT ELEMENTS DE LA FACE AVANT	36-8
36.7 MONTAGE DES DISQUES ET DES LECTEURS DE CD-ROM	36-9

36.8	RACCORDEMENT DES CARTES D'EXTENSION	36-10
37	TESTS DU PC.....	37-1
37.1	LES OUTILS WINDOWS	37-1
37.2	OUTILS À TÉLÉCHARGER SUR INTERNET	37-4
38	DEPANNAGE	38-1
38.1	LA PANNE	38-1
38.2	PETITES OU GROSSES PANNES	38-1
38.3	LES HYPOTHESES	38-1
38.4	PRIORITES DES INTERVENTIONS	38-2
38.5	ESSAIS- VERIFICATIONS	38-2
38.6	QUESTIONS - LE DIAGNOSTIC.....	38-2
38.7	CONCLUSIONS	38-3
39	LE BIOS.....	39-1
39.1	LE BIOS DE LA CARTE MERE	39-1
39.2	QUI ECRIT CES BIOS ?	39-1
39.3	QUELLE VERSION DE BIOS AVEZ-VOUS DANS VOTRE PC ?	39-2
39.4	LE POST	39-3
39.5	LA RAM CMOS.....	39-4
40	LA CONFIGURATION DU BIOS.....	40-1
40.1	ACCES AU SETUP	40-1
40.2	INTERFACE DU SETUP	40-1
40.3	LES OPTIONS DU BIOS	40-1
INDEX.....		1

1 Introduction

Les notes que voici se proposent de rassembler le maximum de sujets que nous voyons dans au cours de maintenance hardware. Ce cours est donné dans le cadre d'une formation de techniciens en informatique dans l'enseignement de promotion sociale en Communauté française (Belgique)¹. Il y est surtout question de PC puisque ce type d'ordinateur est celui que l'on rencontre le plus souvent. Les périphériques et les réseaux ont eux aussi une place importante dans cette formation.

Le but du cours et des séances de laboratoire est de pouvoir évaluer le matériel, le comparer, l'installer, le configurer, le tester et remédier aux dysfonctionnements et développer un esprit critique. Il est évident qu'on ne peut prétendre savoir dépanner ce type de matériel sans en comprendre les principes de fonctionnement. Nous nous appliquerons donc surtout à comprendre la technologie et les principes généraux du fonctionnement du matériel informatique, de sorte à acquérir un bagage suffisant pour appréhender les caractéristiques actuelles et futures de tous les équipements et les situations auxquels un technicien en informatique devra faire face dans son avenir professionnel.

Il ne s'agit donc pas uniquement ici d'apprendre à monter un PC, à l'upgrader ou à choisir la configuration optimale. Nous ferons ce genre d'exercice, bien sûr, mais le montage et le dépannage des ordinateurs n'est pas un but en soi. Dans quelle mesure ces connaissances, encore utiles maintenant, le seront-elles encore à l'avenir ? En quoi consistera le travail d'un technicien en informatique ? Qui fera encore réparer son PC ? Combien de temps encore les PC seront-ils vendus sous forme boîtiers qui encombrant nos bureaux ? Les dépanneurs de PC sont appelés à disparaître tout comme les dépanneurs de postes radio ou de télévision. En informatique, le métier que l'on exercera dans 5 ou 10 ans n'aura plus rien à voir avec ce que l'on fait aujourd'hui. Car tout change vite en informatique, trop vite. Tout, SAUF les principes de base : les lois de la physique, de l'électronique et de la logique qui sont à la base des technologies de l'information et qui le seront encore pour les applications futures.

Hardware signifie matériel et, mis à part certains aspects mécaniques, montage/démontage des PC et de périphériques à dépanner, l'aspect essentiel de ce hardware est électronique : les cartes, les câbles, les connecteurs, les écrans, ... et même les cartouches des imprimantes, elles aussi équipées de puces électroniques.

C'est donc très logiquement que ces notes débutent par un exposé des notions élémentaires d'électronique. Ce sujet occupera une dizaine de chapitres, conçus pour être compris de manière intuitive. Nous éviterons les explications savantes sans rapport avec l'objectif de la formation.

Nous tenterons par exemple de comprendre de quelle nature sont les signaux électroniques, savoir de manière rudimentaire au moins, comment ils se propagent, quels obstacles ils peuvent rencontrer, et comment éviter les problèmes que cela va engendrer.

Tous les circuits électroniques, même sophistiqués comme les circuits intégrés, sont constitués de quelques éléments de base : résistances, condensateurs, selfs et semi-conducteurs ; il n'y en aura pas plus mais il faut au moins comprendre à quoi ils servent et comment fonctionnent ces composants.

Enfin, nous devons être capables de nous servir d'un multimètre pour réaliser des mesures telles que celle d'une tension ou vérifier un contact ou un câble. Quelques notions sur les

unités (volt, ampère, watt, ohm, hertz etc.) qu'utilisent les électriciens ne seront pas de trop non plus.

Le matériel qui constitue nos ordinateurs, les périphériques et tous les accessoires portables dont nous ne saurions plus nous passer maintenant, reposent également sur un ensemble de principes physiques autres encore que ceux de l'électronique :

- Nous verrons donc ce que sont les couleurs et la lumière pour comprendre les particularités des systèmes d'affichage et de capture, d'enregistrement et de reproduction des images et de la vidéo.
- De même, il faut avoir une petite idée de ce qu'est un son et les grandeurs qui le caractérisent pour appréhender les spécifications des appareils audio, de la transmission, de l'enregistrement, la compression et la restitution du son.

Nous envisagerons aux chapitres 10 et 11, comment sont réalisés les circuits électroniques qui équipent nos machines. Des séances de laboratoire seront consacrées à la manipulation et même à la conception de quelques circuits simples et commandés par le PC.

A partir du chapitre 12 (p. 12-1), nous détaillerons la composition des PC. Il sera aussi question du test de ces appareils et des méthodes pour remédier à leurs dysfonctionnements ou pour parfaire leur fonctionnement.

Les périphériques sont abordés à partir du chapitre 26 (p. 26-1)

Les derniers sujets, chapitres 36 et suivants, traitent de l'assemblage des PC des tests et du dépannage.

L'évolution du matériel informatique est rapide. Ces notes de cours ne peuvent avoir l'ambition d'être continuellement à l'affût des particularités de telle ou telle nouveauté sur le marché. Il n'y sera d'ailleurs presque jamais question de marques ou de modèles de machines bien précises. Cet aspect sera travaillé par des exercices de recherche de documentation. Internet est un outil essentiel pour ces recherches d'informations. Nous l'utiliserons aussi pour rechercher des pilotes de périphériques et les mises à jour des logiciels installés.

Trouver l'information dont on a besoin n'est qu'une première étape. Mais elle est vaine si l'on ne sait l'analyser, la comprendre et se l'approprier. Cela fera l'objet d'exercices de rédaction de rapports et de notices explicatives à l'attention des utilisateurs ou d'autres techniciens. Ce sera alors l'occasion de suivre l'évolution des technologies et du matériel.

2 Notions d'électricité et d'électronique

2.1 Atomes, électrons, protons et autres particules ...

La matière est constituée de particules élémentaires appelées **atomes**². Ces atomes sont les éléments que Dimitri Mendeleïev, un chimiste russe qui vécut entre 1834 et 1907, a tenté de classifiés en fonctions de leurs propriétés. Tout l'univers serait formé à partir d'à peu près une centaine d'atomes différents, 92 à l'état naturel plus quelques autres qui apparaissent lors de réactions nucléaires. Ces atomes constituent une sorte d'alphabet utilisé en chimie pour décrire la composition de tous les matériaux.

Depuis le début du XXème siècle, on a découvert que ces atomes sont à leur tour constitués d'autres éléments plus petits encore. Au centre de l'atome un **noyau** y concentre pratiquement toute sa masse. Ce noyau est pourtant 100.000 fois plus petit que l'atome lui-même.

Autour du noyau gravitent des **électrons**, un peu à la manière des planètes autour du soleil. C'est d'ailleurs ce qu'on appelle le modèle planétaire de Bohr. Cette représentation de l'atome date maintenant de plus de 100 ans, elle est considérée comme simpliste à ceux qui s'intéressent de plus près à la physique nucléaire. Ceux-là parlent de dualité onde-particule, de nombres quantiques etc. Ils ont postulé et prouvé l'existence d'autres particules telles que le photon dont nous reparlerons lorsqu'il s'agira de lumière et en imaginent et en découvrent bien d'autres encore, telles que le Boson de Higgs mis en évidence pas plus tard que ce 4 juillet 2012.

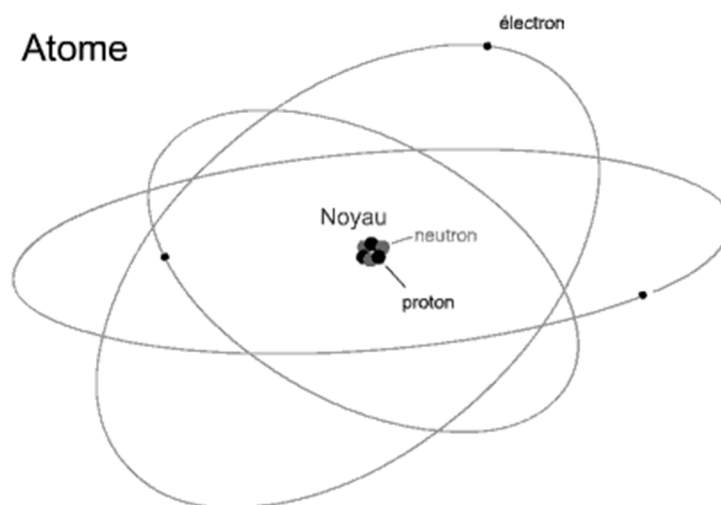


Figure 1- Modèle planétaire de l'atome

Pour notre part le modèle planétaire suffira. L'atome est donc pour nous, constitué d'un noyau très massif. Des électrons gravitent autour de ce noyau comme le font les planètes autour du soleil. Ces électrons sont des particules très petites par rapport au noyau. Ils possèdent chacun une charge électrique. Les charges électriques des électrons sont toutes identiques et leur nombre est le même que le nombre de charges que l'on retrouve dans le noyau de l'atome tout en étant de nature différente. On a en effet constaté qu'il y a deux types de charges électriques : les charges électriques de même nature se repoussent tandis que celle de nature différentes s'attirent. On a attribué un signe positif ou négatif à chacune de ces charges pour

² Atome, du grec "*atomos*" qui signifie indivisible. Il y a maintenant 24 siècles certains philosophes grecs imaginaient déjà que toute la matière ne pouvait être constituée que d'éléments qu'ils considéraient comme indivisibles et dont les agencements formeraient l'essence de tout ce qui constitue ce qu'ils appelaient le cosmos.

les différencier. C'est finalement tout à fait arbitrairement que la charge électrique du noyau s'est vu attribué le signe "plus" (charge positive) tandis que la charge d'un électron est considérée comme négative et prend le signe "moins".

Le noyau est constitué de deux types de **nucléons**: Les nucléons chargés positivement sont appelés **protons**. D'autres nucléons ont une charge électrique nulle, ce sont les **neutrons**. Les protons et les neutrons ont approximativement la même masse.

Dans un atome, électriquement neutre, le nombre de protons du noyau détermine le nombre d'électrons qui l'entoure. Si un ou quelques électrons s'échappent ou viennent s'ajouter à la périphérie de l'atome on parle alors d'ion, mais ceci est une autre histoire.

Autre chose encore, les électrons gravitent sur plusieurs couches plus ou moins éloignées du noyau. La couche la plus éloigné du centre ne peut contenir au maximum que huit électrons et c'est uniquement au niveau de cette couche périphérique que peuvent s'intercaler ou s'échapper certains électrons. Ces ajouts ou retraits d'électrons participent aux phénomènes électriques ainsi qu'aux liaisons chimiques lorsque des atomes s'associent entre eux pour former des molécules ou une structure cristalline.

Certains atomes, plus gourmands que d'autres, gardent jalousement les électrons sur cette couche extérieure. Ce sont généralement ceux qui ont déjà près de 8 électrons sur cette couche. D'autres atomes, moins regardants sans doute, n'ont qu'un, deux ou trois électrons sur cette couche périphérique et n'hésitent à échanger ces électrons avec leurs voisins. Ce sont les métaux. Ces échanges d'électrons entre atomes en font de bons conducteurs de l'électricité. Voilà qui pourrait nous intéresser par la suite.

2.2 Charge électrique

La charge électrique est comme nous venons de le voir, une propriété de certaines particules élémentaires. Mais les charges électriques peuvent aussi s'observer au niveau macroscopique. Dans l'antiquité déjà, on constatait l'apparition de ces charges en frottant de l'ambre³ sur un tissu. L'ambre chargée de la sorte peut attirer des objets légers. Cette force d'attraction est comparable à l'attraction des masses à ceci près qu'il y a deux sortes de charges électriques. On observe que ces forces électrostatiques sont tantôt d'attraction et tantôt de répulsion.

Ce serait Benjamin Franklin, célèbre notamment ses expériences sur la foudre, qui en étudiant les charges électriques aurait arbitrairement décidé d'appeler les unes positives et les autres négatives. Ce qui lui a permis d'énoncer leur comportement : Les charges de signes contraires s'attirent, celles de même signe se repoussent.

2.3 Électricité statique

On a tous vu et refait l'expérience de frotter un objet de plastique sur un tissu pour l'électriser et attirer de petits bouts de papier. Cette expérience n'est possible qu'avec des matériaux isolants (papier, plastique, laine, etc.) Les charges électriques peuvent s'y accumuler localement alors qu'elles se disperseraient dans un matériau conducteur.

Le phénomène d'électricité statique est à l'origine de la foudre, il est aussi à l'origine de décharges électriques lorsque l'on sort le linge du séchoir et des décharges qui nous surprennent parfois en descendant d'une voiture. Cette électricité statique peut aussi apparaître lorsque par temps sec on traîne les pieds sur de la moquette.

³ L'ambre est une résine fossilisée de conifère. Son appellation grecque « *elektron* » est à l'origine du terme électricité

Le phénomène peut être dangereux pour les composants électroniques et les techniciens avant de toucher les cartes électroniques devront s'assurer de ne pas être porteur de ces charges trop importantes pour certains composants sensibles. Il existe pour ce faire des bracelets antistatiques que l'on place autour du poignet et que l'on relie à la terre. A défaut, le fait de toucher le châssis de l'ordinateur avant de toucher les composants est bien souvent une précaution suffisante.

L'électricité statique a aussi des applications. Elle est mise à profit dans certains appareils dont principalement en ce qui nous concerne, les photocopieuses et les imprimantes laser.



Figure 2
Bracelet antistatique à placer autour du poignet et à relier à la terre.

2.4 *Électrons libres, conducteurs, isolants*

Les électrons situés sur la couche la plus extérieure des atomes peuvent parfois être échangés entre atomes voisins. Ces électrons sont dits électrons libres quand ils se déplacent librement en passant d'un atome à l'autre. C'est ce qui se passe dans les matériaux conducteurs comme les métaux. L'ensemble des électrons libres peut alors parfaitement s'écouler dans les conducteurs comme un liquide dans un tuyau. L'expression « il y a du jus » est parfaitement imagée et c'est la raison pour laquelle l'analogie entre les circuits électriques et les circuits hydrauliques est particulièrement adaptée pour comprendre les circuits électriques.

Les isolants sont formés d'atomes qui ne cèdent pas facilement leurs électrons. Le passage du courant y est quasi impossible.

Cette distinction conducteur/isolant est cependant à relativiser. En réalité, personne n'est parfait, ni même les conducteurs ou les isolants.

Tous les conducteurs ont une certaine résistivité, autrement dit, il y aura toujours quelques obstacles au passage libre du courant et l'énergie pour vaincre cette résistivité provoquera d'ailleurs un léger échauffement du conducteur.

Les isolants ne sont jamais parfaits non plus. Soumis à une tension faible, ils laissent toujours passer une quantité infime d'électrons et, si la tension augmente et devient excessive, l'isolant finit par « claquer ». On parle de « claquage » quand l'isolant passe brutalement de l'état isolant à l'état conducteur (souvent en brûlant).

Outre les conducteurs et les isolants, il y a un cas remarquable, et particulièrement intéressant, c'est celui des semi-conducteurs. On parvient à fabriquer à partir de ces matériaux des composants qui ont la propriété de se comporter tantôt comme des isolants et tantôt comme des conducteurs. Par exemple : isolant dans un sens et conducteur dans l'autre, ou encore isolant en temps normal et conducteur en présence d'un champ électrique ou d'une source lumineuse. Nous en reparlerons plus loin, au chapitre 9.

2.5 *Courant électrique*

Généralement, ce que l'on appelle un courant électrique est le déplacement d'électrons libres dans un conducteur.

NB. Pour être tout à fait exact on devrait parler de déplacements de charges électriques. Celles-ci sont le plus souvent des électrons dans un conducteur métallique mais il s'agit parfois d'ions, c'est à dire d'atomes qui ont sont chargés électriquement. Cela se produit dans le cas des décharges électriques dans un gaz ionisé ou dans un électrolyte.

2.6 *Circuit électrique / Circuit hydraulique*

Il est intéressant de faire une analogie entre courant dans un circuit électrique et la circulation d'un fluide dans un circuit hydraulique. Cette comparaison permet de mieux se représenter ce que sont la tension et l'intensité du courant.

La comparaison entre circuit hydraulique et circuit électrique a cependant quelques limites. L'eau se déplace dans des espaces inoccupés comme le creux des tuyaux ou à l'air libre à la sortie d'un robinet. L'électricité au contraire, a besoin pour circuler de se déplacer dans un circuit fermé fait de matériaux conducteurs.

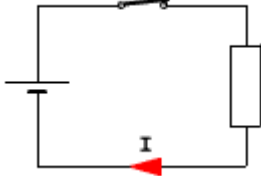


Figure 3
Circuit fermé

Le courant ne peut circuler que dans un circuit fermé.

Il ne parvient plus à circuler si le circuit est ouvert.

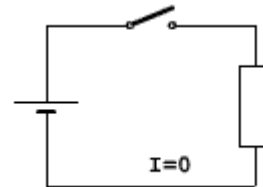


Figure 4
Circuit ouvert

2.7 *U Tension ou "différence de potentiel"*

La tension est analogue à la différence de pression qui, entre deux points d'un circuit hydraulique, provoque la circulation du fluide. Cette circulation se fait en allant du point où la pression est la plus élevée vers celui où la pression est moindre.

La tension électrique ou différence de potentiel s'exprime en volts.

La grandeur de la tension est représentée par un **U** majuscule son unité le volt est quant à elle représentée par un **V** majuscule.

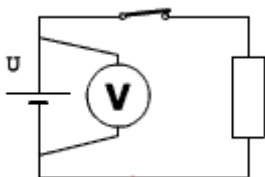


Figure 5
Mesure d'une tension

La tension se mesure avec un voltmètre.

Cet appareil placé aux bornes d'une source de courant ou aux bornes d'un récepteur relève la différence de potentiel entre deux points du circuit.

Le voltmètre a une grande résistance interne et le courant qui le traverse est considéré comme négligeable.

Valeurs des tensions dans un PC :

Les tensions dans un ordinateur sont toujours basses (< 24V) et donc sans danger pour notre organisme.

Le bloc d'alimentation d'un PC fournit des tensions de 3,3V, +5V, +12V, -5V et -12V. Le châssis du PC mis à la terre est considéré comme étant au potentiel de 0 V. Il est considéré comme la référence pour mesurer les autres tensions.

2.8 *I* Intensité du courant

L'intensité est analogue au débit du fluide dans un circuit hydraulique.

Elle s'exprime en **Ampères A**

Un ampère correspond à un débit de $6,25 \cdot 10^{18}$ électrons (6,25 milliards de milliards d'électrons !)

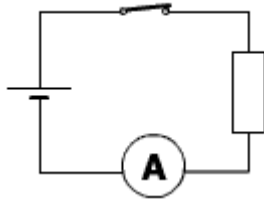


Figure 6

Mesure de l'intensité

On mesure l'intensité d'un courant à l'aide d'un ampèremètre qu'on insère en série dans le circuit.

L'ampèremètre est traversé par le courant qu'il mesure. Sa résistance interne doit donc être négligeable. Sinon, le fait d'insérer un ampèremètre dans le circuit pour y mesurer le courant viendrait modifier ce courant et donc fausser la mesure.

2.9 *R* Résistance

Une résistance est un élément qui dans un circuit limite le passage du courant.

Analogie hydraulique:

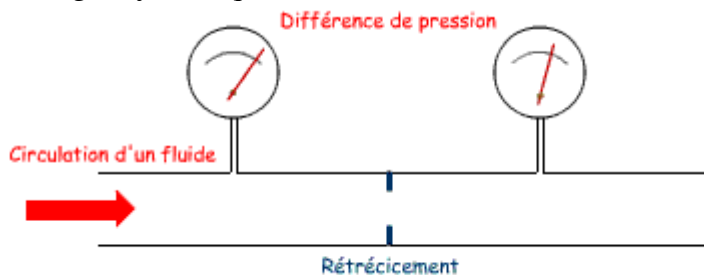


Figure 7

Le débit est identique en amont et en aval du rétrécissement mais la différence de pression entre avant et après le rétrécissement augmente avec le débit.

Ce principe de la résistance est parfois utilisé dans des circuits hydrauliques pour évaluer le débit d'un fluide dans une conduite : Deux capteurs sont situés de part et d'autre d'un diaphragme qui rétrécit le passage dans une canalisation. Dès qu'un fluide y circule, on observe une différence de pression entre les deux capteurs. La pression en amont du rétrécissement est supérieure à la pression en aval.

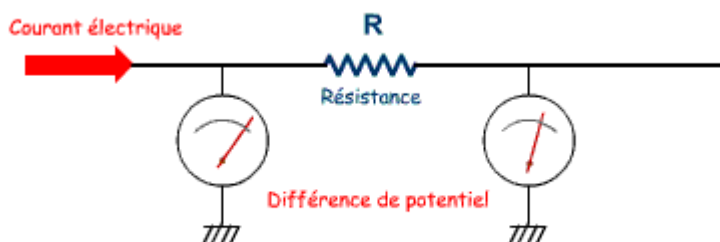


Figure 8

L'intensité est identique en amont et en aval de la résistance mais la différence de potentiel de part et d'autre de la résistance augmente avec l'intensité

Ce phénomène se produit aussi avec les courants électriques. Les éléments résistifs lorsqu'ils sont parcourus par un courant provoquent une chute de tension, une différence de potentiel entre le point où le courant entre dans la résistance et celui où il en sort.

La résistance s'exprime en Ohms. Le symbole utilisé pour exprimer cette grandeur est le R majuscule tandis que le symbole qui représente l'Ohm est la lettre grecque Ω (Omega)

Une résistance de un ohm traversée par un courant de un ampère provoque une chute de tension de un volt.

$$1 \Omega * 1 A = 1 V$$

Les lampes à incandescences, les lampes halogènes, tous les appareils électriques chauffants que nous utilisons pour nos usages domestiques sont de simples résistances. Branchés sur le secteur, ces appareils ont uniquement pour rôle laissent passer plus ou moins de courant en freinant son passage pour transformer l'énergie qu'il apporte en chaleur.

2.10 Loi d'Ohm

On a vu que la tension est en quelque sorte la différence de "pression" entre deux points d'un circuit. Elle force les électrons à se déplacer pour aller du point où le potentiel électrique est le plus élevé vers celui où cette "pression" est la plus basse.

Dans un circuit donné, le courant est donc d'autant plus important que la tension est forte.

L'intensité du courant I est proportionnelle à la différence de potentiel U

Le courant dépend de la tension mais aussi de la résistance qu'il rencontre dans le circuit. Cette résistance est faite d'obstacles limitent l'intensité du courant.

I diminue si R augmente

C'est ce qu'exprime la loi d'Ohm qui est une loi fondamentale en électricité.


$$I = U / R$$

Cette équation prend aussi deux autres formes:

$$R = U / I \quad \text{et} \quad U = R \cdot I$$

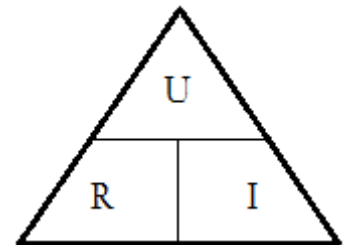
2.10.1 Pour ceux qui sont carrément nuls en math. :

Le passage d'une formule à l'autre, $I = U / R \leftrightarrow R = U / I \leftrightarrow U = R \cdot I$ ne devrait poser problème qu'à ceux qui n'ont jamais fait d'algèbre. Si c'est votre cas ou si vous avez trop la flemme pour faire travailler vos méninges, voici un truc :

Dessinez un triangle comme ceci 

Placer y les lettres U , R et I
(Ah bien sûr si vous ne voulez pas réfléchir, il faut apprendre par cœur où placer ces lettres)

Pour trouver U , cachez U et lisez la réponse $R \cdot I$	$U = R \cdot I$
Pour trouver R , cachez R et vous lisez U sur I	$R = U / I$
Pour trouver I , cachez I et lisez la réponse U / R	$I = U / R$



2.11 G Conductance $G = \frac{1}{R}$

La résistance est une grandeur qui indique comment des "frictions" limitent le passage du courant dans un conducteur. A l'inverse on pourrait considérer la fluidité avec laquelle le courant peut se glisser dans les conducteurs. Cette notion inverse de la résistance est appelée conductance. Elle s'exprime en Siemens S .

Exemple : Une résistance de 100Ω correspond à une conductance de $1/100 = 0,01 S$

2.12 Les résistances (Composants)

En électronique, les résistances, certains disent « résistor », sont de petits composants que l'on utilise pour limiter le courant ou pour diviser des tensions.

Dans les PC, les résistances de faible puissance se présentent de plus en plus souvent sous forme de boîtier SMD (*Surface Mounted Device* = composants montés en surface).



Quand ils ne sont pas trop petits (au moins 3mm de long x 2,5 mm de large) une inscription de trois chiffres indique la valeur de la résistance. Le troisième chiffre indique une puissance de 10. Ainsi, 223 signifierait $22 \times 10^3 \Omega = 22 \text{ k}\Omega$.

Sur les cartes électroniques plus anciennes, et toujours actuellement pour les montages manuels ou les résistances qui doivent dissiper une certaine puissance, ces composants ont une forme cylindrique.

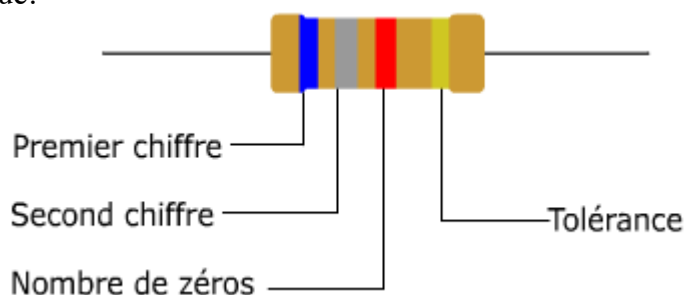


Figure 9 – Anneaux de couleurs pour marquer les valeurs des résistances

Les valeurs des résistances y sont codées avec des anneaux de couleur. Le premier anneau est celui qui est le plus proche du bord. Les premiers anneaux servent à coder des chiffres significatifs. L'avant dernier anneau sert à indiquer le nombre de zéros et le dernier anneau argenté ou doré sert à indiquer la tolérance.

2.12.1 Code des couleurs

Noir	Brun	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Bleu	Violet	Gris	Blanc
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

2.12.2 Valeurs normalisées des résistances

Ces composants électroniques ont des valeurs normalisées qui sont égales aux valeurs proposées ci-dessous multipliées par une puissance de 10.

1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2

Ainsi vous trouverez des résistances de 1.2 Ohms de 12, 120, 1200 Ohms etc.

2.13 Regroupement de résistances en série

Les résistances sont parcourues par un même courant. L'intensité est la même partout.

La tension fournie par l'alimentation est répartie entre les deux résistances et l'on peut vérifier avec un voltmètre que $U = U_1 + U_2$.

Les résistances sont des obstacles qui s'additionnent en se succédant. $R = R_1 + R_2$

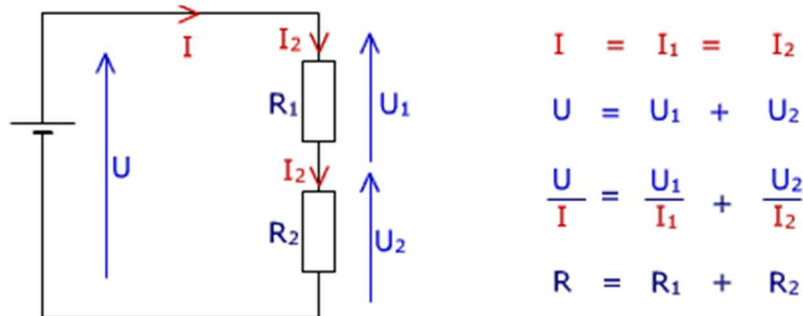


Figure 10 – La résistance équivalente est la somme des résistances

Dans le cas de n résistances en série, la formule devient $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

2.14 Regroupements de résistances en parallèle

Le courant se partage entre les résistances. Son passage dans le circuit est donc plus facile. Les résistances ne sont plus à considérer comme des obstacles mais plutôt comme des possibilités de passages du courant, des conductances qui s'ajoutent.

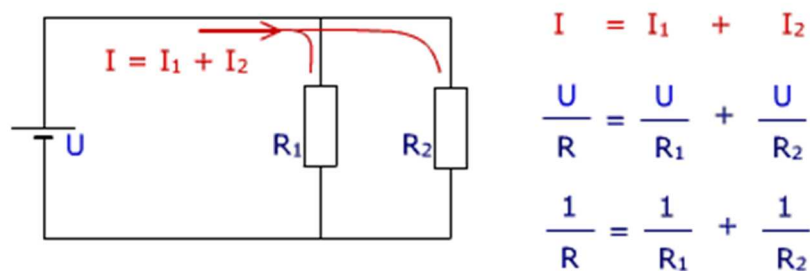


Figure 11 – La conductance équivalente est la somme des conductances

$$G = G_1 + G_2$$

Remarques pour ce type de montage:

- La résistance équivalente est toujours plus petite que la plus petite des résistances.
- Quand on couple en parallèle n résistances de même valeur, la résistance équivalente est n fois plus petite que la valeur d'une de ces résistances.

Dans le cas de n résistances en parallèle, on dit aussi en dérivation, la formule pour le calcul de la résistance équivalente devient :

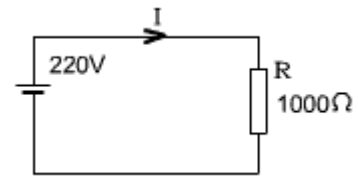
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \text{ou encore} \quad G = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

S'il n'y a que deux résistances en parallèle, le calcul de la résistance équivalente peut aussi se calculer comme suit :

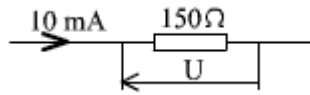
$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

2.15 Exercices

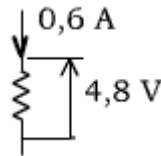
1 Calculez l'intensité du courant dans le schéma ci-contre :



2. Calculez la chute de tension dans R

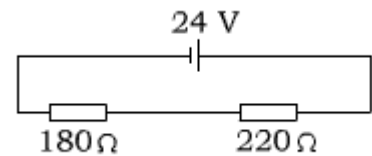


3. Calculez la valeur de R



4. a) Ajoutez des flèches sur le dessin pour représenter

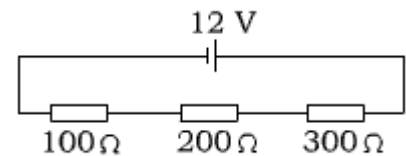
- Les tensions U_1 , U_2 et U de la source de tension
- L'intensité du courant



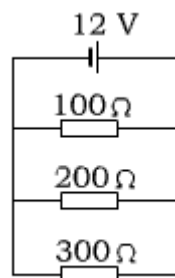
b) Calculez

- La résistance équivalente à l'association des deux résistances en série
- L'intensité du courant dans le circuit
- Les tensions aux bornes de chaque résistance

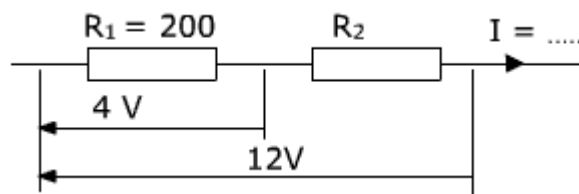
5. Calculez les tensions aux bornes de chaque résistance et l'intensité du courant fourni par la pile de 12V



6. Même question que ci-dessus



7. Calculez I et R2

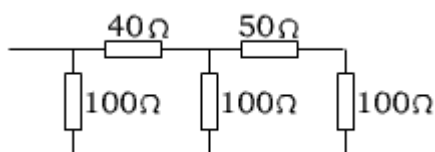
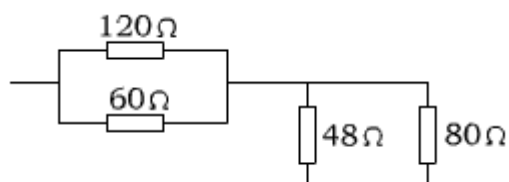
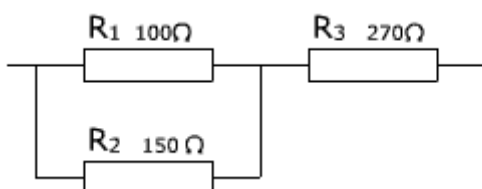


8. Deux résistances R1 et R2 sont montées en parallèle.
Faites une représentation schématique de ce montage

Calculez la valeur de la résistance équivalente pour chaque couple de valeurs données à R1 et R2 dans ce tableau :

R1	R2	Regroupement R1 // R2
10 Ω	10 Ω	
30 Ω	20 Ω	
80 Ω	20 Ω	
30 Ω	45 Ω	
50 Ω	200 Ω	

9. Calculez les résistances équivalentes pour chaque montage ci-dessous



2.16 *Puissance*

La puissance fournie par un générateur ou absorbée par un récepteur se calcule en faisant le produit de la tension aux bornes de l'appareil par l'intensité du courant qui le traverse.

$$P = U \cdot I$$

La puissance s'exprime en Watts

3 Les effets du courant

Les cours d'électricité distinguent souvent trois effets :

- 1° Calorifique (effet Joule)
- 2° Chimique
- 3° Magnétique

Nous y ajoutons l'effet physiologique qui, bien qu'il soit une conséquence des deux premiers effets mentionnés, est particulièrement important pour notre sécurité et mérite donc un examen distinct.

3.1 L'effet Joule

3.1.1 Nature de l'effet Joule

Nous avons vu que les conducteurs électriques ne sont pas parfaits. Ils opposent une certaine résistance au passage du courant et l'énergie perdue de la sorte, y est dissipée sous forme de chaleur. C'est ce phénomène d'échauffement qui est appelé l'effet Joule.

Les appareils de chauffage électrique (radiateur, fer à repasser, fer à souder, grille-pain, sèche-cheveux, etc.) exploitent cet effet calorifique. C'est aussi sur ce principe que fonctionnent la lampe à incandescence dans laquelle le filament élevé à très haute température émet de la lumière.



Figure 12
La lampe à incandescence est une résistance pure

3.1.2 Perte d'énergie

L'effet thermique s'il est parfois recherché est dans bien des cas indésirable puisqu'il est à l'origine de pertes inutiles d'énergie. Ces pertes réduisent le rendement des machines électriques dont le but n'est pas de chauffer (moteurs, transformateurs, etc.)

3.1.3 Risques pour le matériel

Une augmentation excessive de température risque d'endommager le matériel. C'est la raison d'être du système de la ventilation des PC.

Les câbles risquent aussi la détérioration en cas de surcharge et sont alors à l'origine d'incendies. Il faut donc limiter l'intensité du courant dans les conducteurs en fonction de leurs sections. A titre d'exemple, le tableau qui suit montre quels fusibles ou disjoncteurs il faut placer en fonction de la section des conducteurs à protéger.

Section en mm ²	Fusibles	Disjoncteur	Couleur
1,5	10 A	16 A	Orange
2,5	16 A	20 A	Gris
4	20 A	25 A	Bleu
6	32 A	40 A	Brun
10	50 A	63 A	Vert
16	63 A	80 A	
25	80 A	100 A	
35	100 A	125 A	



Figure 13
Fusibles



Figure 14
Disjoncteur

3.1.4 Puissance dissipée par effet Joule

La puissance absorbée par une résistance se dissipe totalement en chaleur.

$$P = R \cdot I^2$$

La puissance est donnée par la formule $P = U \cdot I$

La tension aux bornes de la résistance peut être calculée par la Loi d'Ohm $U = R \cdot I$

La formule $P = R \cdot I^2$ est donc simplement une combinaison des deux formules précédentes

3.2 Effets chimiques

Le courant électrique fait intervenir les électrons qui sont à la périphérie des atomes. Ce sont justement ces électrons qui servent aux liaisons chimiques. Rien d'étonnant donc à ce que le courant électrique puisse modifier les liaisons entre atomes et provoquer des (ou résulter de) réactions chimiques.

3.2.1 L'électrolyse

L'électrolyse est une application de ces effets électrochimiques.

L'électrolyse de l'eau est un exemple qui est souvent montré dans l'enseignement secondaire. Elle permet de séparer les deux constituants de l'eau H_2O : deux atomes d'hydrogène (H) pour un atome d'oxygène (O).

La galvanoplastie est une autre application de l'électrolyse grâce à laquelle on parvient à appliquer un dépôt métallique sur les surfaces de certains objets. On se sert de cette technique pour recouvrir des objets de cuivre, de zinc, de chrome, de nickel, d'or etc.

L'anode, c'est-à-dire l'électrode positive est constituée du métal à déposer, l'électrolyte est une solution d'un sel de ce métal et la cathode (l'électrode négative) est l'objet sur lequel viendra se déposer le métal.

Exemple :

Anode en cuivre, électrolyte = solution de sulfate de cuivre, cathode l'objet à cuivrer.

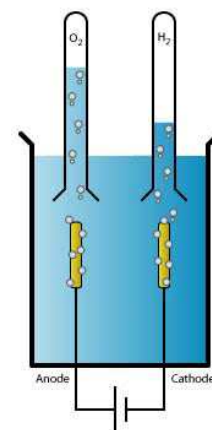


Figure 15
Électrolyse de l'eau

3.2.2 Piles et accumulateurs

Les piles et les accumulateurs transforment l'énergie de réactions chimiques en énergie électrique. Cette réaction est réversible pour les accumulateurs.

Cette application à elle seule mérite un développement particulier.

3.3 Effets électromagnétiques

Une bobine parcourue par un courant produit un champ magnétique

C'est en se basant sur ce principe que sont construits les moteurs électriques.

Inversement une bobine soumise à des fluctuations de champ magnétique est le siège de forces électromotrices.

C'est le principe est utilisé dans les génératrices (dynamos / alternateurs)

3.3.1 Applications de l'électromagnétisme

Les moteurs et les génératrices. Toutes ces machines tournantes sont bien souvent réversibles. Elles agissent comme des moteurs quand elles reçoivent du courant mais peuvent agir comme des génératrices si on leur fournit de l'énergie mécanique.

Les têtes de lecture/écriture sur disques durs, disquettes et bandes magnétiques combinent ces deux fonctions : générer des champs magnétiques ou les capter.

Les champs magnétiques sont aussi utilisés pour diriger le faisceau d'électron dans un tube cathodique des moniteurs vidéo ou des TV.

D'autres applications connues : Haut-parleur, relais, électrovanne, disjoncteurs

Mais ces effets électromagnétiques sont parfois indésirables !

C'est le cas des perturbations électromagnétiques qui induisent des courants parasites dans les câbles de transmission et perturbent ainsi les informations qui y circulent. Le phénomène est réduit en ayant recours à certains artifices tels que les câbles coaxiaux ou à paires torsadées.

3.4 Effets physiologiques

Notre système nerveux est parcouru par de nombreux signaux électriques tels que ceux qui commandent les cellules musculaires. C'est la raison pour laquelle il est possible avec un courant électrique de stimuler un muscle et de provoquer sa contraction.

Cette technique est appliquée en kinésithérapie pour faire de la rééducation musculaire ainsi que par ceux qui voudraient faire de la gonflette sans faire trop d'efforts. Mais aussi pour la fabrication de tasers !

Le courant électrique peut aussi provoquer des brûlures externes ou internes et alors invisibles et paraît-il parfois même indolores mais non sans conséquences !

3.4.1 Qu'est-ce qui est plus dangereux les volts ou les ampères ?

Le danger d'électrocution dépend de la **quantité d'électricité** qui traverse le corps et des organes qui sont touchés. La quantité d'électricité est le produit de l'intensité et de la durée.

$$Q = I \times t$$

Q est la quantité d'électricité en coulomb, **I** l'intensité en ampères et **t** la durée en secondes

L'intensité qui produit la contraction des muscles est de l'ordre de 10 mA, c'est très peu mais tout dépend la durée.

L'intensité dépend elle-même de deux autres valeurs : la tension et la résistance des organes mis en contact. C'est ce que nous dit la loi d'Ohm.

$$I = \frac{U}{R}$$

I symbolise l'intensité en ampères, **U** est la tension en volts et **R** est la résistance en ohms

La résistance du corps humain dépend essentiellement de la résistance de contact et est très variables selon que la peau est sèche ou humide. Cette résistance peut être réduite à quelques centaines d'Ohms si la peau est bien mouillée à près d'un million d'ohm si la peau est parfaitement sèche et suffisamment épaisse comme celles des mains calleuses d'un travailleur du bâtiment. Elle est donc très variable ! L'effet isolant de la peau est aussi rompu par les tensions élevées, au-delà de 1000V.

En courant alternatif, la résistance diminue en fonction de la fréquence mais cette perte de

résistance n'est pas encore perceptible pour la fréquence du courant de distribution qui est de 50 Hz en Europe.

Enfin le danger dépend aussi des organes touchés. Un courant qui traverse le thorax pourra provoquer des fibrillations, un arrêt cardiaque ou un arrêt respiratoire. La respiration artificielle ou le massage cardiaque peuvent alors sauver une victime qui ne respire plus.

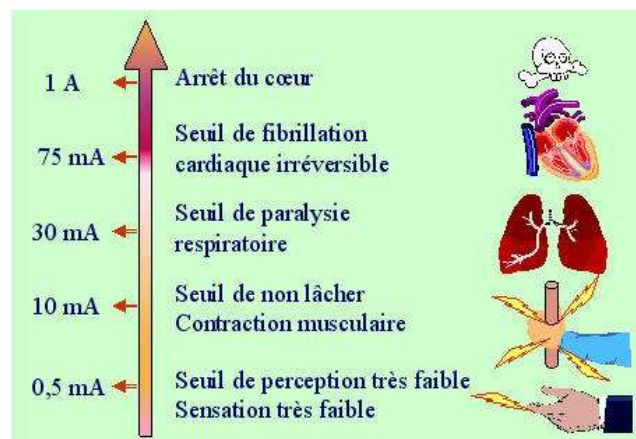


Figure 16 - Image issue de la page « Santé et sécurité au travail » dont voici l'adresse http://www.ac-clermont.fr/hygiene-securite/Risques_et_ambiances/Electrique/electrique.htm

On peut considérer qu'en pratique il n'y a pas de danger en dessous de 24 volts.

Dans le cadre d'une formation de technicien en informatique, il faut savoir que 24V est la plus grande différence de potentiel que l'on trouve dans un PC. (Entre le +12 V et le -12 V) Aucun danger d'électrocution donc si on travaille dans un PC à condition bien sûr de ne pas ouvrir le bloc d'alimentation qui lui est alimenté en 230V.

On se méfiera de la tension du secteur (230 V ou même près de 400 V entre phases)

On sera surtout prudent avec les très hautes tensions que l'on rencontre dans les anciens moniteurs CRT et qui vont jusqu'à 25.000 V

Que faire en cas d'électrocution ? Voici parmi d'autres une page qui résume bien le sujet : http://www.distrimed.com/conseils/page_electrocution.php

Autres liens relatifs aux dangers du courant électrique :

- Accidents électrique : <http://www.urgentiste.com/electric.html>
- Vidéo sur les premiers secours en cas d'électrisation : <http://webtv.afpa.fr/urls/open/486/res:Electrisation>

4 Le courant alternatif

4.1 Intérêt du courant alternatif

L'intérêt du courant alternatif est en grande partie sa raison d'être est qu'il est facile à transformer. Les transformateurs permettent de modifier une tension alternative sans créer trop de pertes. Ces transformations des tensions sont nécessaires pour le transport du courant. En effet, nous savons que la puissance est donnée par le produit de la tension par l'intensité du courant $P = U \times I$

Les pertes dans les conducteurs durant le transport sont causées par la résistance de ces conducteurs et sont proportionnelles au carré de l'intensité $P = R \times I^2$

On réduit donc l'intensité pour limiter les pertes tout en augmentant la tension car la puissance véhiculée doit rester la même $P = U \uparrow \times I \downarrow$

C'est la raison pour laquelle les électriciens transportent les grandes quantités d'électricité en haute tension. Des transformateurs permettent ensuite de diminuer ces tensions pour distribuer l'électricité dans les habitations. La tension secteur est généralement de 230V dans nos régions.

Ceci dit, il y a d'autres raisons font que la distribution électrique se fait habituellement en courant alternatif :

- Les alternateurs qui produisent le courant alternatif sont plus simples à réaliser et ont un meilleur rendement que les générateurs de courant continu.
- Les moteurs à courant alternatif sont plus simples que les moteurs DC.
- La coupure d'un courant alternatif est plus facile car le courant passe régulièrement par zéro alors qu'en courant continu un arc électrique a tendance à subsister.
- Le courant alternatif est facile à transformer en courant continu, l'inverse est moins vrai.

4.2 Caractéristiques du courant alternatif

Le courant que nous fournit la compagnie d'électricité est périodique et sinusoïdal.

Périodique: la tension change périodiquement de sens, le courant s'inverse constamment.

Sinusoïdal: La tension varie en fonction du temps suivant une courbe appelée sinusoïde. Cette allure est due au principe de fonctionnement des alternateurs.

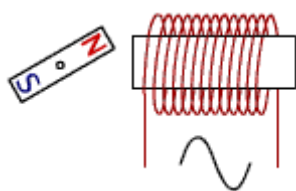


Figure 17
Principe de l'alternateur, un aimant tourne face à une bobine et y induit un courant alternatif sinusoïdal

Durant un tour de l'alternateur celui-ci crée une alternance positive suivie d'une alternance négative.

On appelle période la durée de ces deux alternances, autrement dit, la durée d'un cycle. La période est désignée par la lettre T et s'exprime en secondes.

La fréquence f est le nombre de périodes par seconde.

Elle s'exprime en Hertz (Hz) ou même parfois en secondes exposant -1 (S^{-1})

« Un hertz » signifie « une fois par seconde » $1\text{Hz} = 1/\text{s} = 1\text{ s}^{-1}$

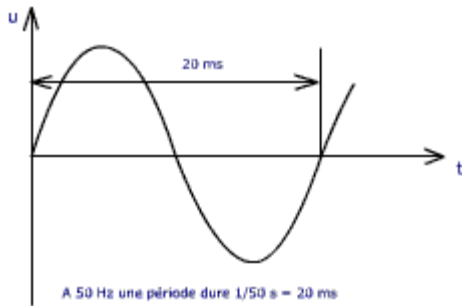


Figure 18 – Période d'un cycle

$$f = \frac{1}{T}$$

La fréquence est le nombre de cycles par seconde
(50 Hz pour les réseaux électriques en Europe)

La durée d'une période $T = 1/f$

$$1 \text{ s} / 50 = 0,020 \text{ s} = 20 \text{ ms}$$

4.3 Génération d'une sinusoïde

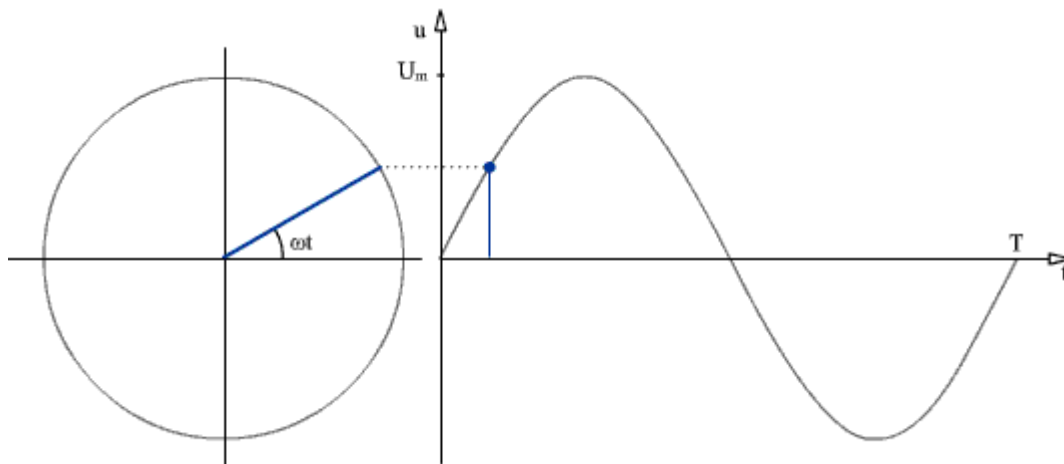


Figure 19 Génération d'une sinusoïde

Dans un alternateur, le rotor crée un champ tournant que nous représentons par un vecteur. La rotation du rotor engendre des fluctuations du champ magnétique que l'on représente par une courbe appelée sinusoïde. Le tracé de cette courbe correspond à la projection verticale du vecteur tournant.

Certaines formules font appel à la pulsation ω (*Oméga*) Cette grandeur étroitement liée à la fréquence correspond à la vitesse angulaire du vecteur tournant qui nous a servi à tracer la sinusoïde. La pulsation s'exprime en radians par seconde.

$$\omega = 2 \pi f$$

4.4 Valeurs d'un courant alternatif

Outre la fréquence ou la pulsation, ce qui revient presque au même, nous devons aussi mesurer des tensions ou des intensités.

- Les valeurs maximales notées U_m et I_m ne sont pas très utiles puisqu'elles ne sont atteintes que très passagèrement.
- Les valeurs instantanées sont fluctuantes. Elles sont fonctions des valeurs maximales, de la pulsation ω et de l'instant où elles sont mesurées

$$u_{(t)} = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i_{(t)} = I_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$$

L'angle φ exprime ici que le courant peut être en retard ou en avance par rapport à la tension.

- Les tensions et les courants sont exprimés en valeurs efficaces.

L'intensité efficace d'un courant alternatif est la valeur de l'intensité d'un courant continu qui produirait la même quantité de chaleur dans une même résistance.

Le courant efficace parfois noté I_{eff} est le plus souvent simplement appelé I .

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$

4.5 Déphasage Courant / Tension

Nous verrons en parlant des bobines et des condensateurs que le courant instantané $i_{(t)}$ ne fluctue pas toujours en phase avec la tension instantanée $u_{(t)}$. Une tension alternative sinusoïdale engendre bien un courant alternatif sinusoïdal mais selon la nature du circuit électrique le courant est en retard, en phase ou en avance sur la tension. Le déphasage entre les deux signaux pourrait être exprimé en fractions de secondes mais les électriciens ont trouvé plus pratique d'exprimer ce déphasage par un angle φ : l'angle qu'il y aurait entre les vecteurs tournants dont les cycles nous servent à tracer les sinusoïdes $u_{(t)}$ et $i_{(t)}$

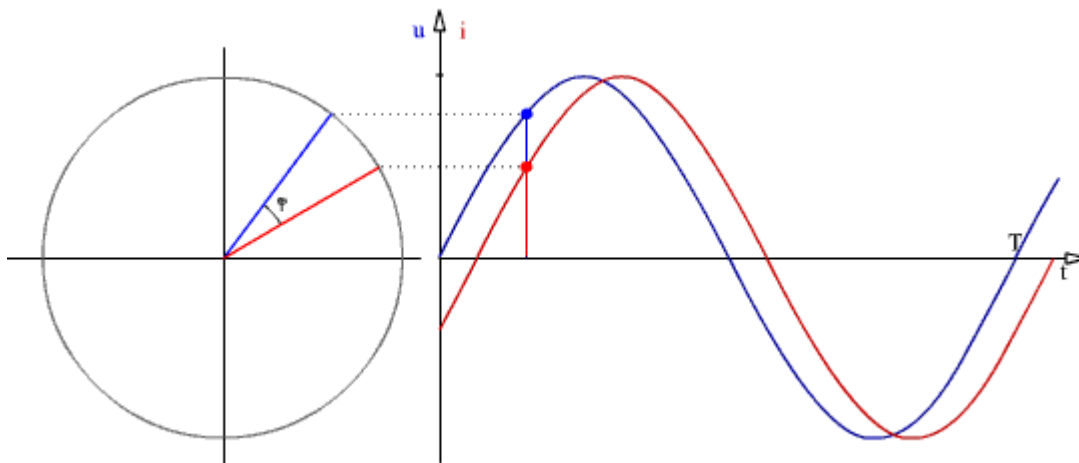


Figure 20 – Déphasage de I en retard sur U

4.6 Loi d'Ohm pour le courant alternatif

Certains éléments de circuits s'opposent aux fluctuations du courant (les bobines) ou de la tension (les condensateurs) sans pour autant consommer de l'énergie comme le ferait une simple résistance. Ce phénomène est semblable à celui qu'on observe en mécanique si l'on compare l'effet des frottements et ceux des ressorts pour des mouvements oscillants. Les frottements transforment l'énergie en chaleurs alors qu'un ressort emmagasine de l'énergie mais la restitue immédiatement dès que le mouvement change de sens.

Il en va de même pour les bobines et les condensateurs. Ces composants réagissent au passage du courant, ils s'y opposent mais sans absorber d'énergie. On appelle cette opposition la réactance (et non pas la résistance). C'est notamment cette réactance qui est responsable du déphasage entre le courant et la tension.

Les circuits purement réactifs sont assez rares. Le plus souvent ils sont à la fois réactifs et résistifs, on parle alors d'impédance pour désigner la combinaison de ces deux réponses au passage du courant.

L'impédance s'exprime en ohm comme pour les résistances. Cette grandeur est représentée par la lettre Z.

On écrira par exemple la loi d'ohm sous la forme $I = U / Z$

Ne confondez cependant pas l'impédance Z avec la résistance R :

- la résistance R ne dépend pas de la nature du courant (AC ou DC peu importe)
 - l'impédance Z n'est à considérer qu'en alternatif elle dépend de la fréquence.
- Nous y reviendrons dans les pages qui parlent des bobines et des condensateurs.

4.7 Calcul de la puissance en courant alternatif

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Cos φ est ce qu'on appelle le facteur de puissance. C'est un coefficient inférieur à 1. Il pourrait même valoir 0 pour une réactance pure.

4.8 Signaux électroniques - Impulsions

On parle aussi de fréquences à propos des signaux au niveau du PC. Pourtant, il ne s'agit pas ici de courants alternatifs. Il n'y a pas ici d'alternances positives et négatives qui se répètent de manière toujours identique.

Les signaux échangés au niveau du PC sont théoriquement des signaux rectangulaires. Ce sont des impulsions qui servent aux échanges d'informations binaires entre les différents composants électroniques.

La fréquence est dans ce cas le nombre maximum d'impulsions pouvant être transmises par le signal.

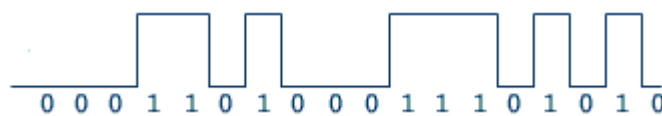


Figure 21 – Signaux digitaux

5 Mesures électriques

Les signaux en informatique sont très rapides. Il faudrait, pour visualiser leurs variations, un oscilloscope ou même mieux un analyseur logique. L'oscilloscope est un appareil électronique servant à afficher la forme de quelques signaux (2 ou 4) sur un écran. L'analyseur logique est capable de surveiller un grand nombre de signaux digitaux simultanément, de les mémoriser, de restituer leur trace ou d'en détecter certaines combinaisons.

Ces appareils, souvent onéreux, s'utilisent dans les laboratoires R&D où l'on teste à la fois le hardware et les logiciels qui les commandent.

5.1 Le multimètre

Dans le cadre du dépannage informatique, des mesures plus rudimentaires suffisent : vérifier des tensions d'alimentation, voir si un circuit est interrompu ou mesurer la valeur d'un courant. Toutes ces mesures qui peuvent être réalisées avec un multimètre.

Le multimètre est un appareil qui regroupe dans seul boîtier les fonctions d'un voltmètre, d'un ampèremètre, d'un ohmmètre et parfois d'autres encore. Il se compose d'un système d'affichage et d'un commutateur pour le choix du type de mesure auquel on le destine.

Il existe de deux familles de multimètres : les analogiques et les digitaux. Ils se distinguent par le système d'affichage : un cadran avec une aiguille ou un affichage numérique à cristaux liquides.



Figure 23
Multimètre digital



Figure 22
Multimètre analogique

La valeur mesurée par un multimètre analogique est indiquée par la déviation d'une aiguille au-dessus d'un cadran gradué. Cette déviation est proportionnelle autrement dit « *analogue* » à la valeur mesurée. Elle est le plus souvent réalisée par système électromagnétique appelé « **cadre mobile** ».

Le cadre est une bobine de fil conducteur très fin placée entre les deux pôles d'un aimant permanent. Au centre du cadre un cylindre de fer doux canalise les lignes de forces du champ magnétique. Le cadre peut tourner autour d'un axe vertical. Lorsque les conducteurs sont parcourus par un courant continu, ils sont soumis à des forces électromotrices proportionnelles à l'intensité. Ces forces font tourner le cadre autour de son axe mais sont compensées par la réaction de deux ressorts spiraux situés de part et d'autre de l'axe. Ils ramènent l'aiguille en position zéro lorsqu'il n'y a plus de courant et servent aussi de connexions pour conduire le courant à la bobine.

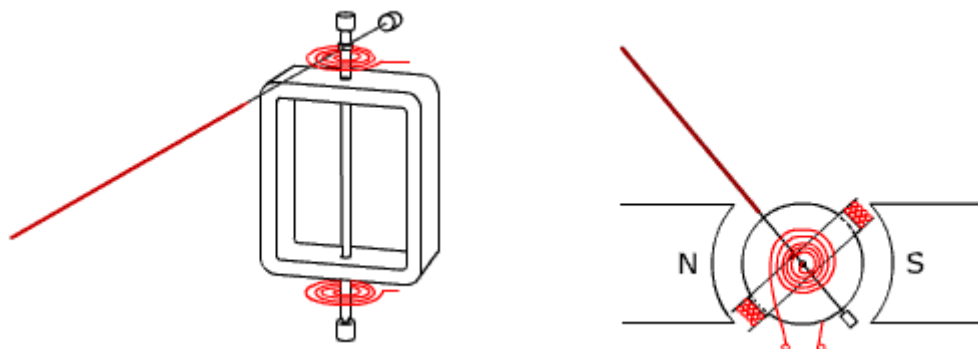


Figure 24 – Cadre mobile

Ce cadre mobile, parfois aussi appelé galvanomètre ou microampèremètre, est très sensible. L'intensité d'à peine quelques mA, voire quelques μA , suffit pour faire dévier l'aiguille à fond d'échelle.

5.2 Multimètre digital



Figure 25
Multimètre digital

L'écran à cristaux liquide comporte en général 3 ½ chiffres. Le premier chiffre ne peut valoir que 1 sinon il n'est pas affiché. Un signe '-' s'affiche quand la polarité est inversée.

Le dispositif de mesure numérique joue le même rôle que le cadre mobile analogique. Il affiche une valeur proportionnelle à une intensité minime qui le traverse.

Le choix de la grandeur mesurée et de l'échelle de mesure, aussi appelée calibre, est fonction de la position du commutateur.

5.3 Sélection du type de mesure

Les indications autour du commutateur sont regroupées par zones : Ω , DCV, ACV, DCA, 10A, hFE et une zone marquée du symbole d'une diode.

AC signifie « Alternative Current » pour courant alternatif

DC signifie « Direct Current » pour courant continu.

AC-V signifie donc Voltmètre Alternatif

DC-V = Voltmètre Continu

Les calibres des mesures d'intensités en continu vont de 200 μA à 200 mA.

Il n'y a qu'un seul calibre (10A) pour mesurer l'intensité en alternatif.

La position hFE sert pour des mesures de valeurs spécifiques aux transistors.

Le commutateur est à mettre en position OFF quand l'appareil est inutilisé. Si l'appareil est digital, l'affichage s'éteint.

Le multimètre est fourni avec deux cordons de mesure, celui de couleur noire est à raccorder à la borne « COM ». Le cordon rouge doit en général être enfiché sur la borne « V Ω mA ». La borne portant l'indication 10A n'est utile que pour mesurer de fortes intensités.



Figure 26 Cordons de mesure. Rouge pour le côté positif, noir pour le côté négatif ou la masse

5.4 Précautions

Pensez d'abord à votre sécurité, ne touchez pas les contacts des cordons de mesure quand vous ne travaillez pas en basse tension. Une décharge électrique peut être mortelle !

Pensez ensuite à la sécurité de l'appareil. Le dispositif de mesure est prévu pour réagir à de très faibles intensités. Le rôle du commutateur est de placer des résistances en série ou en parallèle avec le dispositif de mesure pour y limiter le courant. Le choix du calibre est fonction de la grandeur à mesurer. Dans le doute, mieux vaut régler l'appareil sur un calibre trop important puis le diminuer progressivement pour augmenter la sensibilité de l'appareil et donc la précision de la mesure.

Une mesure faite avec un calibre insuffisant risque de détériorer l'appareil !

Quand la polarité est inversée lors de mesures en courant continu avec un appareil analogique, l'aiguille dévie vers la butée gauche du cadre. Il faut alors penser à intervertir les positions des pointes de mesure. Là encore, en cas de doute sur le sens à adopter, mieux vaut commencer les mesures avec un calibre élevé pour s'assurer d'abord que l'aiguille dévie dans le bon sens sinon l'appareil risque d'être endommagé.

5.5 Mesure d'une tension continue

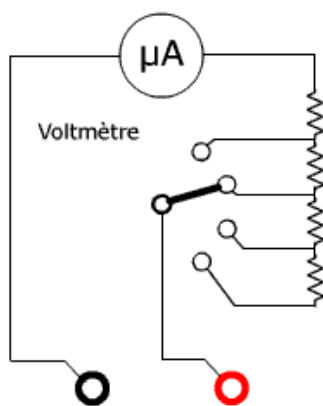


Figure 27
Le voltmètre est un microampèremètre en série avec une grande résistance

Les positions successives du commutateur correspondent à une suite de résistances mises en série avec le microampèremètre afin d'y limiter le courant.

Un voltmètre doit avoir une résistance aussi élevée que possible. Le courant qu'il absorbe doit être négligeable.

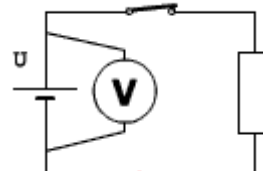


Figure 28
Voltmètre monté en parallèle avec la source de tension

Le voltmètre est à placer en parallèle avec le circuit aux bornes duquel il mesure la tension.

5.6 Choix du calibre du voltmètre

Le calibre ou échelle correspond à la fourchette des valeurs affichables.

Exemple : Vous devez mesurer la tension aux bornes d'une pile avec un multimètre digital qui offre comme calibres 1000V, 200V, 20V, 2000mV et 200 mV. En choisissant le calibre 20V on est capable de mesurer une tension entre 0 et 20V. Supposons que l'appareil indique 1,36. Cette mesure 1,36V est assez précise mais on pourrait tout de même passer au calibre 2000 mV afin d'avoir plus de précision encore. Le multimètre affiche la mesure avec quatre chiffres: 1364 par exemple, ce qui représenterait 1364 mV soit 1,364 V. Le dernier chiffre n'est cependant pas très significatif avec un appareil bas de gamme duquel on ne peut attendre une précision de l'ordre de 1%

5.7 Mesure d'une tension alternative

Le commutateur doit être positionné dans la zone AC-V pour insérer un pont redresseur entre les résistances séries et le microampèremètre. En cas d'erreurs (position DC) la valeur affichée serait nulle bien que le courant alternatif ne soit pas négligeable. L'appareil risque encore une fois de griller si pour lire une valeur on en augmente la sensibilité !

5.8 Mesure d'un courant

La mesure du courant se fait en plaçant le multimètre en série dans le circuit. Il faut donc couper le circuit pour y insérer l'ampèremètre ce qui n'est pas toujours facilement réalisable.

L'ampèremètre doit mesurer le courant qui le traverse sans le modifier. Sa résistance doit donc être aussi faible que possible. Attention donc, un ampèremètre mis par inadvertance en parallèle avec une source de courant se comportera donc comme un court-circuit !

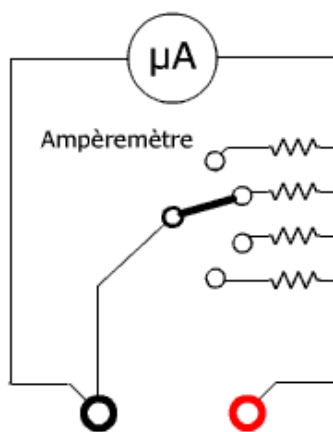


Figure 30

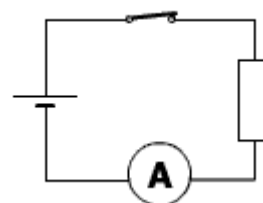


Figure 29
Ampèremètre monté en série dans le circuit

5.9 Mesure d'une résistance

Le commutateur est en position Ohmmètre.

Le courant est fourni par une pile à l'intérieur du multimètre. L'indication de l'ohmmètre dépend du courant débité par cette pile dans la résistance à mesurer.

Précautions à prendre pour mesurer une résistance :

- La mesure est faussée si les deux extrémités de la résistance à mesurer sont reliées à un autre circuit. Il faut s'assurer que ce circuit ne soit pas mis en parallèle avec la résistance à mesurer. Cette dérivation fausserait la mesure. Pour faire une mesure valable il faudrait alors déconnecter du circuit gênant un des contacts de la résistance.

- De même, il faut éviter de toucher les contacts avec les doigts si les résistances à mesurer ont des valeurs élevées. Le faible courant qui passerait par les doigts serait du même ordre de grandeur que celui qui passe dans la résistance, la mesure en sera influencée.

6 Condensateur

6.1 Rôle

Les condensateurs, tout comme les résistances dont nous avons déjà parlé précédemment, et les bobines dont nous parlerons au chapitre suivant, font partie de la catégorie de ce qu'on appelle les **composants passifs**.

On utilise les condensateurs en électronique pour des usages très variés. On retrouve même des condensateurs miniatures au cœur des mémoires dynamiques pour y mémoriser les bits sous forme de charges électriques.



Figure 31

6.2 Constitution

Les condensateurs, quelles que soient leurs dimensions, sont toujours construits suivant le même principe : une feuille isolante mise en sandwich entre deux surfaces conductrices appelées *armatures*. L'isolant, aussi appelé *diélectrique*, est aussi mince que possible. Il empêche le passage du courant mais les charges électriques de signes différents sur chaque armature exercent une attraction au travers de l'isolant et s'accroissent, se pressent, se "condensent" de part et d'autre du diélectrique.

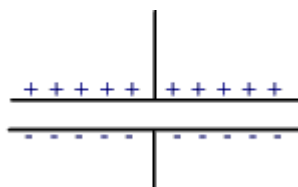


Figure 32

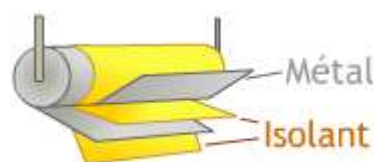


Figure 33

Lorsqu'on applique une tension continue aux deux armatures, l'une se charge d'électrons et l'autre de charges positives (absence d'électrons). Ces charges subsistent quand le condensateur est déconnecté. Il a de la sorte emmagasiné une charge électrique.

On rencontre grosso modo deux types de condensateurs :

- Ceux qui sont dits "électrolytiques" n'ont que des armatures métalliques séparées par une fine feuille imbibée d'une solution chimique. Ce liquide, soumis à une tension continue, crée par électrolyse une fine couche très isolante à la surface des armatures. On peut de la sorte obtenir de fortes capacités sans pour autant avoir des composants trop volumineux mais ils ne peuvent s'utiliser qu'en courant continu.
- Ceux dans lesquels une fine couche d'isolant sépare les deux armatures. Cet isolant aussi fin que possible occupe malgré tout un certain volume, si bien que les condensateurs réalisés de cette manière risquent vite d'être encombrants. Ils peuvent par contre fonctionner aussi bien en alternatif qu'en courant continu.

6.2.1 Représentation symbolique d'un condensateur

La présence d'un signe + indique qu'il s'agit de condensateurs qui ne peuvent servir qu'en courant continu.

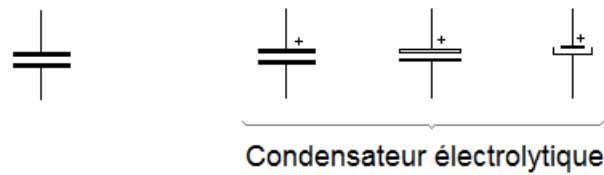


Figure 34 - Symboles pour représenter les condensateurs

6.3 Quantité d'électricité

La quantité d'électricité accumulée se compte en Coulombs ($1\text{ C} = 6,25 \cdot 10^{18}$ électrons)

Cette quantité est proportionnelle à la « pression » avec laquelle on y a forcé les électrons, autrement dit la tension U .

L'aptitude à emmagasiner des charges électriques est appelée « **Capacité** » du condensateur.

Ces trois valeurs sont reliées par la formule $Q = C.U$

Q représente la quantité d'électricité en Coulomb

C est la capacité qui s'exprime en Farads.

U est la tension en Volts

6.4 Capacité

La capacité d'un condensateur dépend de la nature du diélectrique. Elle est proportionnelle aux surfaces conductrices qui se font face et est inversement proportionnelle à la distance entre les deux armatures, ou ce qui revient au même, à l'épaisseur de l'isolant. Cette capacité diminue donc quand l'isolant est plus épais ce qui est indispensable si on veut y stocker l'électricité sous une tension plus élevée.

Un condensateur a une capacité de 1 Farad, s'il est capable d'emmagasiner 1 Coulomb ($6,25 \cdot 10^{18}$ électrons) quand il est soumis à une tension de 1 Volt.

Le Farad⁴ est une unité énorme dont nous n'utilisons jamais que des sous-multiples : le microfarad μF (10^{-6} F), le nanofarad nF (10^{-9} F) et le picofarad pF (10^{-12} F).

6.5 Loi d'Ohm pour les condensateurs

6.5.1 En courant continu

Un condensateur vide raccordé à une source de tension continue, se charge rapidement. Il commence par se comporter comme une résistance quasi nulle. Le courant de charge atteint momentanément une valeur importante comme dans le cas d'un court-circuit mais l'intensité du courant décroît rapidement jusqu'à s'annuler quand le condensateur est chargé. Le condensateur complètement chargé se comporte alors comme une résistance infinie.

⁴ « Farad » en mémoire du physicien et chimiste anglais Michael FARADAY (1791-1867)

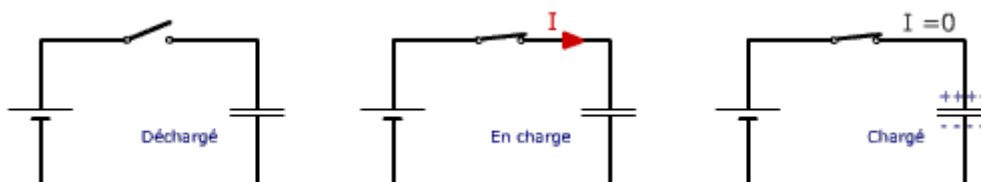


Figure 35

Le condensateur, après s'être chargé, bloque le passage du courant continu

6.5.2 En courant alternatif

Lorsqu'on raccorde un condensateur à une source de tension alternative, il se charge dans un sens puis se décharge et se recharge dans l'autre sens et cela à chaque alternance de la tension. Le condensateur laisse donc passer le mouvement de va et vient des électrons.

Le condensateur laisse passer le courant alternatif

6.6 Impédance

Le courant alternatif dans un condensateur est limité par sa capacité. Un gros condensateur laisse passer plus de courant qu'un condensateur de capacité moindre, puisqu'il peut charger et décharger instantanément des quantités d'électricité plus importantes.

D'autre part, le passage du courant alternatif est plus facile si le va-et-vient des alternances est plus rapide. C'est-à-dire si la fréquence est plus élevée.

L'obstacle qu'un condensateur oppose au passage du courant est l'impédance « Z »

L'impédance d'un condensateur s'exprime en Ohm « Ω » Elle est inversement proportionnelle à la fréquence du courant alternatif et à la capacité du composant.

$$Z = \frac{1}{2 \pi f \cdot C}$$

6.7 Usages des condensateurs

- o Dans les régulateurs (grosses capacités)

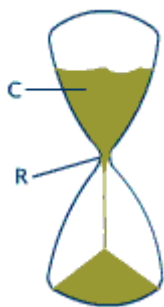
Le condensateur y sert d'accumulateur qui emmagasine les charges électriques quand la tension est haute et restitue ces charges quand la tension diminue. Le condensateur joue dans ce cas le rôle de réservoir tampon qui limite les variations de tension.

L'énergie électrostatique accumulée par le condensateur $W = \frac{1}{2} C.U^2$

- o Pour le déparasitage (« Capa de découplage »)

De petites capacités sont placées à proximité de chaque circuit intégré. Elles absorbent les brusques mais courtes fluctuations de tension que sont les parasites.

- o Les condensateurs sont aussi utilisés pour créer des temporisations.



C'est le principe du sablier : on combine un réservoir (un condensateur) avec un conduit étroit par lequel doit s'écouler le courant (une résistance) Le temps pour vider ce sablier est proportionnel à la capacité du réservoir et à l'importance de la résistance.

On parlera d'un temps égal au produit RC

$$t = R.C$$

Le système des unités est tellement bien fait que quand on multiplie des Farads par des Ohms on obtient ... des secondes.

Le courant absorbé par le condensateur durant sa charge n'est pas constant. Il est fort au début et devient de plus en plus faible pendant que le condensateur se charge. Le temps R.C correspond à environ 2/3 de la charge.

6.8 *Effet non désiré*

L'effet capacitif est parfois indésirable. Ainsi dans un câble qui transporte des signaux à haute fréquence, la capacité même faible qui se forme entre conducteurs voisins, va y provoquer des accumulations de charges qui vont s'opposer aux fluctuations des signaux et empêcher d'aller au-delà de certaines fréquences. Ceci explique l'épaisseur relativement importante des isolants dans les câbles coaxiaux.

7 Self

7.1 Champ magnétique d'un courant

Tout conducteur parcouru par un courant électrique est entouré d'un champ magnétique. Ce phénomène est mis en évidence en plaçant une boussole au voisinage d'un fil électrique dans lequel circule un courant continu. L'aiguille de la boussole tend à se placer perpendiculairement au conducteur.

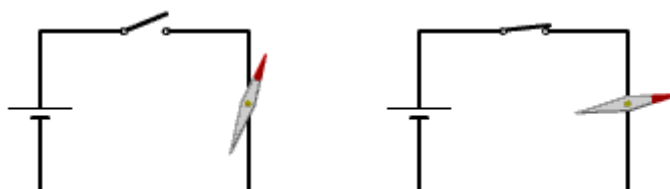


Figure 36

L'importance du champ magnétique ainsi que son sens dépend de l'intensité et du sens du courant électrique.

Ce sens pourrait être déterminé avec le tire-bouchon de Maxwell qui tourne dans le sens de l'induction magnétique tout en avançant dans le sens du courant électrique.

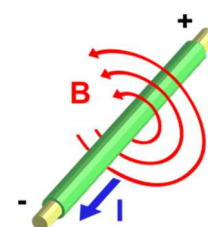


Figure 37

7.2 Champ magnétique d'une bobine

L'effet du champ magnétique est amplifié si tout en gardant le même courant on donne au fil la forme d'une spire ou mieux d'une bobine composée de plusieurs spires jointives.

Le courant qui parcourt la bobine crée un champ magnétique que l'on se représente comme un certain nombre de « lignes de forces ». L'intensité du champ magnétique est proportionnelle à l'intensité du courant et au nombre de spires de la bobine.

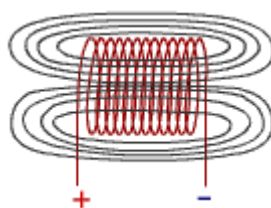


Figure 38

Le flux magnétique est encore intensifié si on place dans la bobine un noyau ferromagnétique.

Applications :

- Les électro-aimants, relais, contacteurs, sonnettes, haut-parleurs, ...
- Moteurs électriques
- Têtes de lecture/écriture pour enregistrements magnétiques: bandes magnétiques, disquettes, disques durs etc...
- Déviation du faisceau d'électrons dans le tube d'un moniteur

7.3 *L'inductance*

L'efficacité d'une bobine est une grandeur que l'on appelle inductance. Le symbole de cette grandeur est la lettre **L**. L'unité d'inductance est le henry (H). Les électroniciens utilisent le milli henry (mH), le micro henry (μH) ou le nano henry (nH).

Une bobine aura une inductance d'autant plus grande que le nombre de spires est important. L'inductance dépend bien entendu aussi de la qualité du circuit magnétique que constitue le noyau.

7.4 *L'induction électromagnétique*

Un courant électrique génère toujours un champ magnétique.

Inversement, les variations de champ magnétique induisent des courants électriques dans les conducteurs avoisinants. Le sens du courant induit est tel qu'il s'oppose à la variation de flux. (*Loi de Lenz*)

L'alternateur est une application pratique de ce principe. Le rotor de l'alternateur est un aimant qui tourne en présence de bobines fixes. Celles-ci deviennent le siège de courants induits tantôt dans un sens tantôt dans l'autre suivant que c'est le pôle nord ou le pôle sud de l'aimant qui passe devant elles.

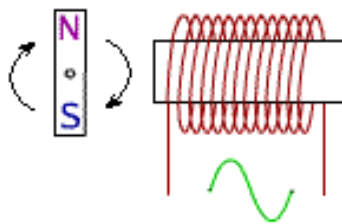


Figure 39

7.5 *La self-induction*

Toute variation de flux magnétique engendre dans un circuit un courant, c'est l'induction.

Si nous faisons varier le courant dans un conducteur, cela génère une variation de flux qui à son tour va induire un courant électrique. Le sens du courant induit s'oppose à la variation de flux. Le courant induit s'oppose donc à la variation du courant initial.

Pratiquement, cela signifie qu'au moment où l'on veut faire passer du courant dans une bobine, un phénomène de self-induction (ou auto-induction) va momentanément empêcher l'établissement du courant. Le courant initial finira bien par circuler mais il mettra plus de temps à s'établir à cause de cette réaction de la bobine.

Inversement, une fois que le courant dans la bobine est établi, celle-ci aura emmagasiné une énergie ($w = \frac{1}{2} L.I^2$). On observe des étincelles quand on coupe le courant dans un circuit qui contient une bobine car le courant tente cette fois de se prolonger pour s'opposer aux variations du champ magnétique dans la bobine

Les selfs de choc sont utilisées pour bloquer les brusques variations d'intensité là où le courant doit être parfaitement continu ou pour empêcher que des pointes de courants parasites induits dans les conducteurs ne perturbent les signaux qu'ils transportent.

Les anneaux de ferrite que l'on place autour de certains câbles renforcent l'effet d'auto-induction pour limiter ce type de perturbation.

7.6 *Loi d'Ohm pour les bobines*

En courant continu

La self ne réagit que lors de l'établissement et la rupture du courant.

Une fois que le courant est établi, la self pure ne s'oppose plus à son passage. (Par self pure on entend une bobine dont le fil a une résistance quasi nulle)

En courant alternatif

On a vu que la self s'oppose aux fluctuations de l'intensité. Le propre du courant alternatif étant de fluctuer, vous comprendrez pourquoi on dit que la self s'oppose au courant alternatif.

Elle le fait avec une certaine « impédance » qui s'exprime en Ohm et est proportionnelle à la fréquence du courant alternatif et à l'inductance L.

$$Z = 2 \pi f L$$

Nous avons vu que le courant réagit toujours en retard par rapports aux fluctuations de la tension. En toute rigueur, il faudrait donc préciser que le courant dans un self est déphasé par rapport à la tension mais ne compliquons pas de trop ...

Pour la suite, retenons essentiellement ceci :

- Les selfs laissent passer le courant continu
- Elles s'opposent aux fluctuations du courant.
- L'impédance en courant alternatif est d'autant plus grande que la fréquence est élevée.

Questions

Du point de vue magnétique, quelle est la conséquence du passage d'un courant dans un conducteur ?

Comment un électro-aimant est-il construit ?

Quelle est l'influence d'un noyau de fer dans une bobine ?

Quelle est la loi générale qui détermine le sens du courant induit ?

Qu'est-ce que la self-induction ?

En quelle unité l'inductance s'exprime-t-elle ? Quel est le symbole de la grandeur, de l'unité ?

8 Transformateur

8.1 Rôle

On utilise les transformateurs chaque fois qu'il est nécessaire de transformer une tension alternative en une autre tension alternative.

8.2 Description

Un transformateur est un circuit magnétique fait de tôles magnétiques sur lequel on a placé des bobines de fil de cuivre isolé par du verni.

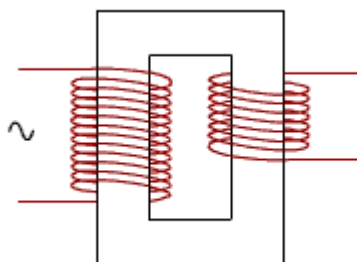


Figure 40 – Enroulements
primaire et secondaire

La bobine où arrive le courant est appelée "enroulement primaire", celle qui produit une autre tension est appelée "secondaire". Certains transformateurs possèdent plusieurs enroulements secondaires pour fournir plusieurs tensions en sortie.

8.3 Principe de fonctionnement

Le courant alternatif qui circule dans l'enroulement primaire génère un flux magnétique variable dans le noyau. Cette variation de flux induit dans le secondaire un autre courant ou, si le circuit secondaire n'est pas raccordé à un récepteur, y induit une tension.

On dit que le transformateur est à vide quand le circuit secondaire est ouvert. Il ne débite alors aucun courant. L'enroulement primaire se comporte dans ce cas, comme une self en courant alternatif, une simple inductance qui oppose une certaine inertie aux fluctuations et donc au passage du courant.

Le transformateur fonctionne en charge quand un récepteur est raccordé à sa sortie. Le courant produit par le secondaire crée alors un champ magnétique opposé au champ engendré par le primaire. Il s'ensuit une augmentation du courant dans le primaire et en fin de compte il y a égalité quasi parfaite entre la puissance que génère le secondaire et la puissance consommée par l'enroulement primaire.

En toute rigueur, il y a bien quelques pertes entre la puissance que consomme l'enroulement primaire et celle qui sort du secondaire mais, en théorie du moins, on peut dire que :

$$P_1 = P_2 \quad (1)$$

Les transformateurs ont un très bon rendement, de l'ordre de 99%

Les flux magnétiques produit par les courants primaires et secondaires s'annulent. Le flux généré par une bobine étant proportionnel au courant et au nombre de spires, on peut comprendre que

$$N_1 \times I_1 = N_2 \times I_2 \quad (2)$$

8.4 Rapport de transformation

$$(1) \Rightarrow U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$(2) \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{Les tensions sont proportionnelles aux nombres de spires}$$

Si $N_1 > N_2$, le transformateur est dit élévateur de tension

Si $N_1 < N_2$, il s'agit d'un abaisseur de tension.

C'est le cas de tous les transformateurs que l'on trouve dans les adaptateurs qui rassemblent en un seul bloc une fiche, un petit transformateur et un petit système de redressement.



Figure 41 - Petite alimentation externe

8.5 Construction

Le schéma de principe qui nous a servi à présenter le transformateur est volontairement simplifié. Les deux enroulements y figurent chacun sur un noyau. Pratiquement, cette séparation n'est pas souhaitable. Elle faciliterait les fuites magnétiques. Une partie des lignes de force du flux produit par chacune d'elles se refermeraient dans l'air sans passer dans chaque bobine et le transformateur fonctionnerait mal.

Le circuit magnétique est formé d'empilements de tôles en forme de E et de I et les deux enroulements prennent place sur la partie centrale.

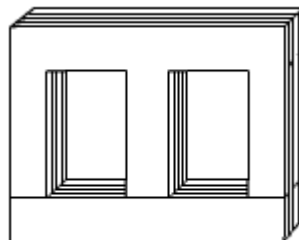


Figure 42 – Circuit magnétique

8.6 Avantages et inconvénients des transformateurs

(+) Ils sont de construction robuste et ont un excellent rendement

(-) Par contre, ils sont lourds (poids du noyau de fer et des enroulements en cuivre)

8.7 Les transformateurs dans le domaine informatique

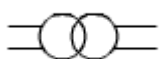
Les transformateurs alimentés par la tension du secteur (230V 50Hz) ne se trouvent plus que dans les alimentations externes d'appareillages périphériques tels que les petites imprimantes, les modems etc.

Pour l'alimentation des PC, les transformateurs utilisés tels quels seraient volumineux et lourds. Ceux qui équipent les blocs d'alimentation sont de dimensions plus réduites. Le principe dans ces alimentations dites "à découpage" est d'alimenter les transformateurs, non pas avec le courant alternatif 50 Hz du secteur, mais avec une tension continue hachée à une fréquence de plusieurs milliers d'hertz. La tension en sortie une fois redressée est plus facile à filtrer, les condensateurs qui suivent le dispositif de redressement peuvent eux aussi être moins volumineux.

8.8 Applications particulières

- La pince ampère-métrique

8.9 Représentation symbolique



Ci-contre, deux symboles graphiques rencontrés pour la représentation des transformateurs dans les schémas électriques ou électroniques.



8.9.1 Questions

- Qu'est-ce qu'un transformateur ?
- Où rencontre-t-on des transformateurs dans le matériel informatique ?
- Comment un transformateur est-il constitué ?
- Quel est le principe de fonctionnement d'un transformateur ?
- Comment se comporte un transformateur à vide ?
- Quelle valeur de rendement un transformateur peut-il atteindre ?
- Quelles sont les relations qui expriment les principales propriétés des transformateurs ?
- En réparant un transformateur, on a enlevé quelques spires au bobinage primaire. Que va-t-il se passer ?
- La pince ampère-métrique fonctionne-t-elle en courant continu ?

9 Les semi-conducteurs

9.1 Conducteurs – Isolants – Semi-conducteur

Nous avons vu⁵ que les métaux sont conducteurs car leurs atomes possèdent peu d'électrons (1, 2 ou 3) sur la couche périphérique. Ils cèdent facilement ces électrons dans des liaisons chimiques ou sous l'influence d'un champ électrique. Les électrons qui participent à un courant électrique sont appelés électrons libres.

Les isolants ont la dernière couche d'électrons complète ou presque, près de 8 électrons qu'ils gardent jalousement. Sans électrons libres pas de courant possible.

Les semi-conducteurs ont des propriétés intermédiaires. Le silicium et le germanium ont quatre électrons sur la couche périphérique. Ce n'est ni peu comme les conducteurs ni beaucoup comme les isolants. A basse température, ils se comportent d'ailleurs plutôt comme des isolants et quand la température s'élève, ils deviennent (de médiocres) conducteurs.



Figure 45
Pointe de
flèche

C'est le cas du silicium, "*silicon*" en anglais, matériau technologique par excellence puisque le silex servait déjà à confectionner les outils de nos ancêtres du paléolithique.

Les atomes de silicium forment une structure atomique très ordonnée : un cristal. Les quatre électrons périphériques de l'atome de silicium assurent les liaisons avec les atomes voisins. Ce sont des électrons liés.

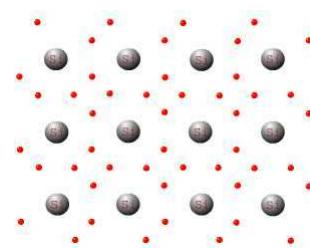


Figure 46 - Agencement des
atomes dans un cristal de
silicium

9.2 Dopage des semi-conducteurs

La conductivité du semi-conducteur est améliorée en y incorporant des impuretés à petites doses. Il s'agit d'atomes qui, contrairement au silicium, n'ont pas 4 mais 3 ou 5 électrons sur la couche périphérique.

Les atomes qui ont 5 électrons à la périphérie sont dits dopeurs de type N. L'électron supplémentaire ne participe pas aux liaisons du cristal et circule librement si on tente d'y établir un courant électrique.

Le semi-conducteur est dit de type P si les impuretés utilisées pour le doper sont des atomes qui n'ont que 3 électrons à la périphérie. Le cristal est électriquement neutre mais il contient des trous où peuvent se glisser les électrons des atomes voisins. Le courant y est donc fait par les trous qui se déplacent.

⁵ § 2.4 Électrons libres, conducteurs, isolants p.12

9.3 La jonction PN

La jonction PN est le résultat du regroupement dans un cristal de semi-conducteur d'une zone P à côté d'une zone N. Initialement chaque cristal est électriquement neutre mais lorsqu'ils sont mis en contact, les électrons à l'étroit dans la région N diffusent vers les trous se trouvant du côté P. La quantité de trous et d'électrons mobiles diminue de part et d'autre de la jonction qui dans cette zone devient non-conductrice. De plus, les électrons qui ont migré à partir du côté N vers le côté P ont laissé derrière eux une charge positive et forment une charge négative de l'autre côté de la jonction qui repousse les électrons suivants. Cette répulsion ajoutée au fait que la conduction devient moins bonne contribue à arrêter la diffusion.

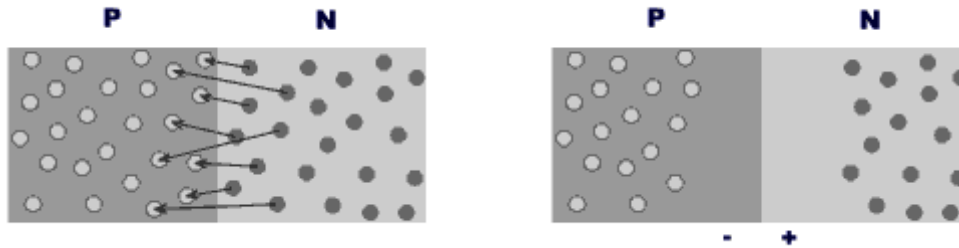


Figure 47 – Jonction PN

Les charges disposées de part et d'autre de la jonction créent une différence de potentiel appelée barrière de potentiel et qui est caractéristique du type de semi-conducteur. (0,3 V pour les diodes au germanium, 0,7V pour les diodes au silicium et environ 2V pour les semi-conducteurs servant à la fabrication des LEDS.

Si on relie le côté P à la borne négative d'une source de courant et le côté N à la borne positive, les électrons qui s'ajoutent dans la région N ou les trous dans la région P renforcent la barrière de potentiel. Le courant est bloqué.

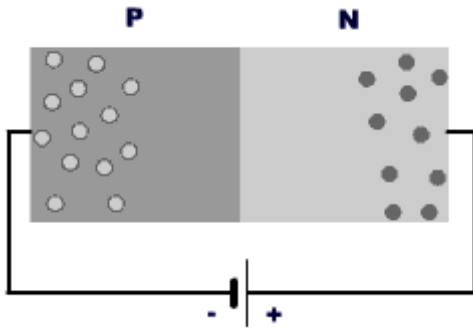


Figure 48 – Jonction PN dans le sens non passant

Si par contre la jonction est raccordée dans l'autre sens à la source de courant et pour peu que la tension extérieure soit supérieure à la barrière, les électrons qui arrivent dans la région N ont une énergie suffisante pour franchir la barrière de potentiel. La diode est conductrice dans ce sens.

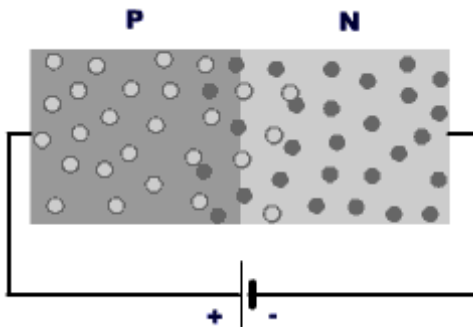


Figure 49 – Jonction PN dans le sens passant

9.4 La diode



Figure 50 – Sens passant P côté positif et N du côté négatif
Sens Non Passant P du côté négatif et N du côté positif

La diode est le composant à semi-conducteur le plus élémentaire. On forme une diode en soudant un fil de chaque côté d'une jonction PN. Le tout est enveloppé dans un enrobage de plastique, de céramique ou de verre. Les dimensions du composant sont fonction du courant qu'il faut pouvoir y faire passer.

9.4.1 Représentation schématique



Figure 51 – Symbole de la diode

Le symbole utilisé se comprend assez intuitivement. La flèche représente le sens passant. Le trait correspond à l'anneau qui indique le côté de la cathode.

9.4.2 Tension de seuil

La tension de seuil est la tension minimum qu'il faut mettre aux bornes d'une diode (dans le sens passant) pour qu'elle conduise. 0,6 à 0,7 V sont un minimum pour une diode au silicium.

9.4.3 LED



Figure 52 – Diodes électroluminescentes « DEL »
ou Light Emitting Diode « LED »

Les diodes électroluminescentes ou LED (*Light Emitting Diode*) s'allument avec un courant d'une dizaine de mA. La tension de seuil est la tension aux bornes de la LED lorsqu'elle conduit. Elle est d'environ 2V

La couleur dépend de la nature du semi-conducteur et est renforcée par la couleur du boîtier. Parfois le boîtier translucide blanc contient deux LED, une rouge et une verte, montées en sens inverse. La couleur obtenue dépend alors du sens du courant et si elle est alimentée alternativement dans un sens puis dans l'autre la LED semble de couleur jaune.

Le boîtier en matière plastique comporte une petite marque pour indiquer la position de la cathode (côté négatif). C'est aussi le côté de la patte la plus courte.

9.5 Redressement du courant alternatif

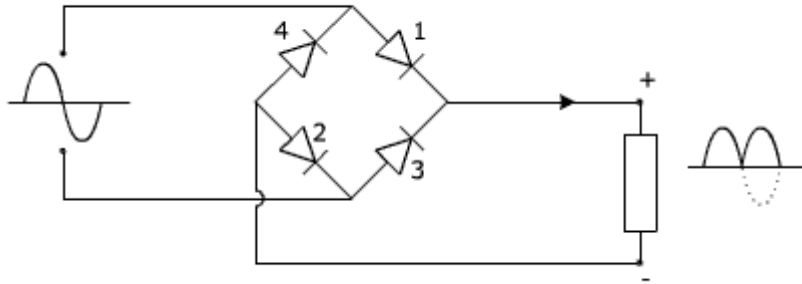


Figure 53 - Pont de Graetz

Le pont redresseur est un montage de quatre diodes orientées de sorte que le courant soit unidirectionnel à la sortie. Les diodes 1 et 2 sont passantes durant l'alternance positive alors qu'au même moment les diodes 3 et 4 bloquées. Durant l'alternance négative, ce sont au contraire les diodes 3 et 4 qui sont passantes alors que les diodes 1 et 2 sont bloquées. P Quel que soit l'alternance le courant dans la charge circule toujours dans le même sens.

9.6 Transistor bipolaire

Cristal de semi-conducteur qui regroupe trois couches et donc deux jonctions en sens inverse. Suivant la nature des couches de semi-conducteur on obtient des transistors dit de type NPN ou PNP

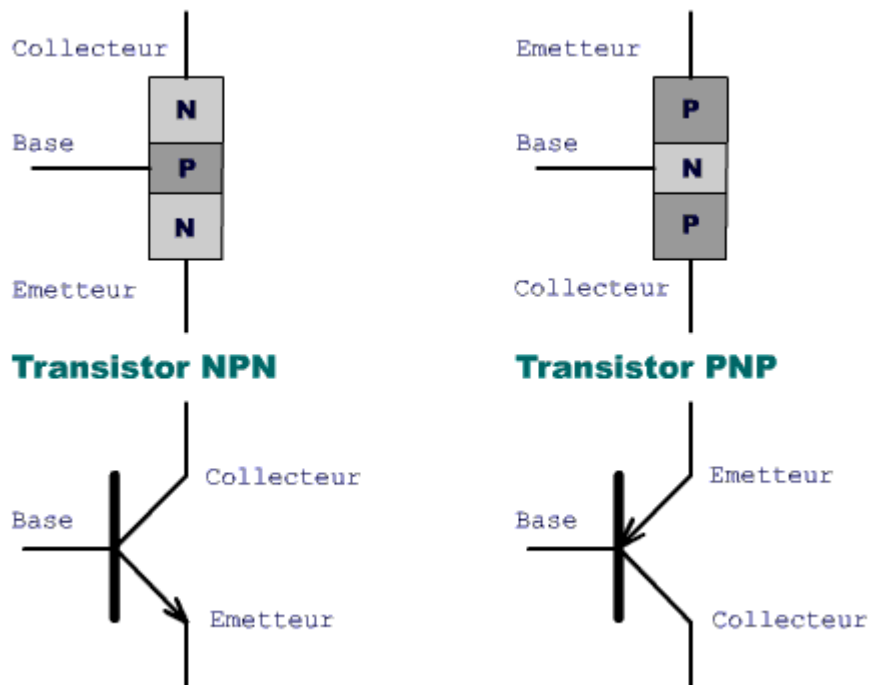


Figure 54 – Transistor NPN et PNP

Les trois électrodes sont appelées Emetteur, Base et Collecteur.

La jonction base/émetteur est surnommée jonction de commande car c'est en y faisant passer un courant même faible qu'on ouvre le passage entre le collecteur et l'émetteur.

Le composant fonctionne comme si la résistance entre l'émetteur et le collecteur variait en fonction du courant de commande I_B , d'où le nom "Transistor" contraction de *Transfert resistor*.

Tant que les courants restent dans certaines limites, I_C est proportionnel au courant de base I_B . C'est ce qu'exprime la relation $I_C = \beta \cdot I_B$

β aussi parfois noté H_{FE} est appelé gain en courant.

Les fluctuations du courant de base entraînent des variations β fois plus importantes au niveau du collecteur, ce qui fait de notre transistor un amplificateur pour signaux analogiques.

Nous nous limitons, dans le cadre de l'électronique digitale, à considérer que le transistor a deux états possibles : passant ou bloquant. Il agit pour nous comme un interrupteur fermé ou ouvert suivant qu'il y a ou pas un courant de commande entre la base et l'émetteur.

9.6.1 Portes logiques à base de transistor bipolaires

La porte inverseuse

Imaginez que le transistor est alimenté par une tension continue. Les niveaux de tension correspondent à des niveaux logiques. 5V = 1, 0V = 0.

L'émetteur est raccordé au 0V.

Quand l'entrée est connectée au 0V le transistor est bloqué. La sortie est alors reliée au 5V (niveau logique 1) par l'intermédiaire de la résistance.

Quand la base est connectée à une tension positive (niveau 1) le transistor conduit. La sortie est alors au même potentiel que la masse (niveau logique 0)

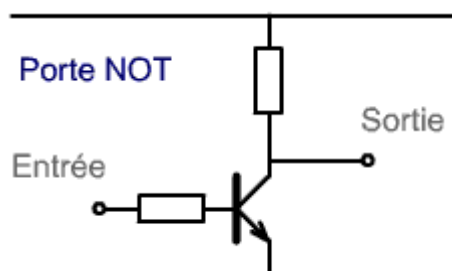


Figure 55 – Porte inverseuse

Porte NAND

La sortie est connectée au niveau haut par l'intermédiaire de la résistance. Pour passer à l'état bas, il faut que les deux transistors conduisent. Il faut donc que les deux entrées soient à l'état 1 pour avoir la sortie à l'état 0. Cela coïncide avec les états de la fonction NAND.

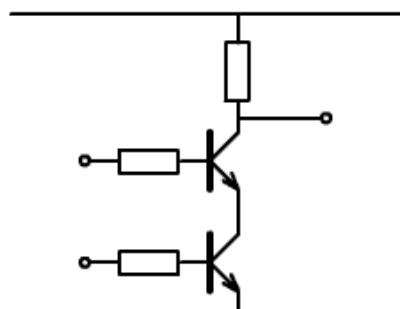


Figure 56 – Porte Non ET

Porte OR

Ici la sortie est au niveau bas quand aucun des deux transistors ne conduit.

Dès qu'une des entrées est mise à l'état haut (état logique 1), le transistor correspondant conduit et la sortie se trouve, elle aussi, au niveau haut.

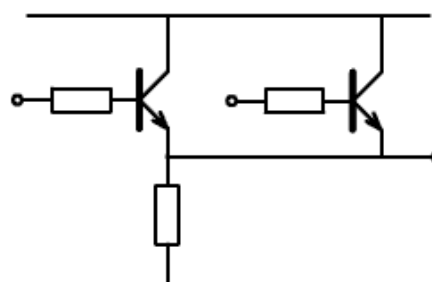


Figure 57 – Porte Non Ou

9.7 Transistor à effet de champ

Le FET "*Field Effect Transistor*" travaille d'une manière différente du transistor bipolaire. Ce dernier était commandé par un courant, le courant de base. Dans le cas du FET la commande est faite par une tension appliquée à une "grille" ou "*gate*" en anglais. Le courant traverse un mince canal de type N (ou P) surmonté d'une grille dopée en sens inverse. Les deux électrodes situées de part et d'autre du canal sont appelées "Source" et "Drain". Ces deux électrodes sont à priori équivalentes mais on appelle source celle qui fournit les porteurs majoritaires, les électrons dans un canal N ou les trous pour un FET à canal P. La source est aussi le point par rapport auquel on mesure le potentiel de la grille V_{GS}

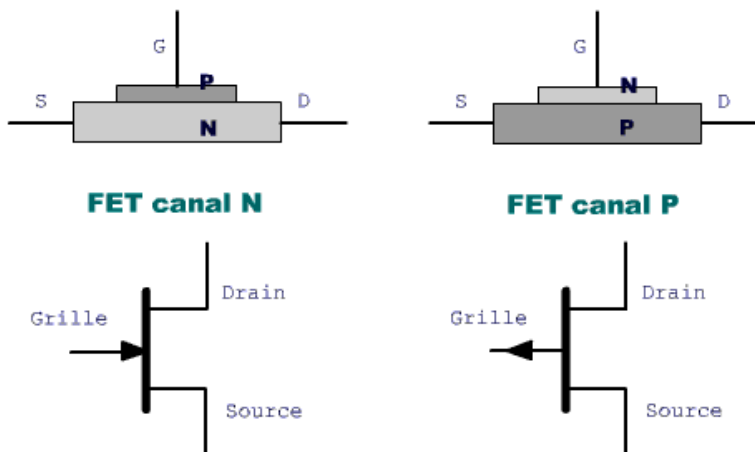


Figure 58 – Transistors à effet de champ

Si aucune tension n'est appliquée à la grille, rien ne s'oppose au passage du courant dans le canal si ce n'est sa résistance car le canal est étroit.

Voyons comment agit la grille dans le cas d'un transistor de type canal N

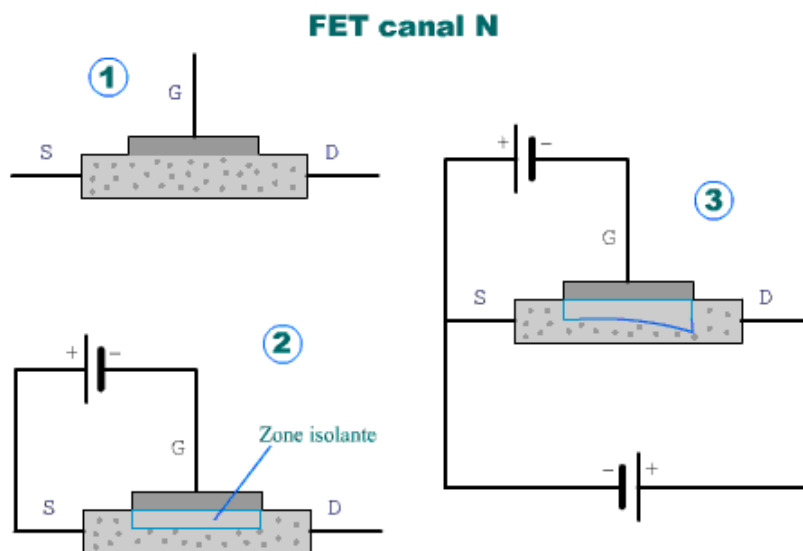


Figure 59

1. La grille est de type P et sous la grille le semi-conducteur est de type N. Il y a donc là des électrons libres.
2. Le transistor se commande en appliquant entre la grille et la source une tension inverse. Aucun courant ne passe donc dans la grille mais sous la grille le nombre de porteurs diminue comme dans une diode à jonction polarisée en sens inverse. Le canal entre la source et le drain devient donc d'autant plus étroit que la tension entre la source et la grille est importante.
3. Essayons à présent de faire circuler les électrons de la source vers le drain. Le courant est limité par la résistance du canal. Cette dernière est commandée par la tension appliquée entre la source et la grille. A partir d'une certaine valeur de la tension VGS la résistance RDS tend même vers l'infini car le canal ne comporte pratiquement plus de porteurs.

NB. Le passage du côté du drain est encore plus étroit puisque la différence de potentiel entre le drain et la grille est encore plus forte que celle entre la source et la grille.

9.8 Le transistor MOSFET

Le transistor FET, vu ci-dessus, est surtout utilisé comme composant analogique. Les circuits intégrés numériques font plus souvent appel aux transistors MOS (*Metal Oxide Semiconductor*).

La grille en métal, généralement de l'aluminium, est séparée du substrat par un isolant (SiO_2). Comme pour le FET, le MOSFET fonctionne avec un canal de type N ou P ; on parlera alors de NMOS ou de PMOS. Outre cette variante, il existe deux types de transistors MOS : ceux à enrichissement et ceux à déplétion (appauvrissement)

9.8.1 MOS à enrichissement

Prenons l'exemple d'un MOSFET à canal N.

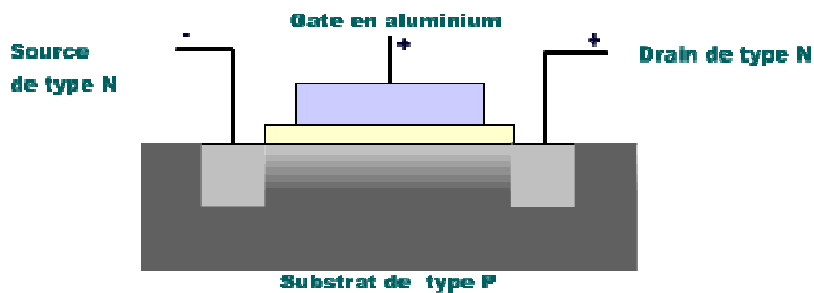


Figure 60 – MOSFET à enrichissement, canal N

Le substrat est de type P. La source et le drain sont deux électrodes de type N insérées par diffusion dans le substrat. Ces deux électrodes et la zone de type P qui les sépare, équivalent à deux diodes en tête bêche, le courant ne saurait normalement pas y passer.

L'intervalle entre la source et le drain est recouvert d'une couche d'oxyde de silicium isolante puis d'une "grille" en aluminium ("gate" en anglais). Lorsque la grille est rendue positive par rapport au substrat, elle attire les électrons de l'autre côté de l'isolant pour former un canal entre la source et le drain qui ne contient plus de trous comme le reste du substrat mais un excédent d'électrons. La tension appliquée à la grille fait varier la conductivité du canal. Elle module de ce fait le courant entre la source et le drain.

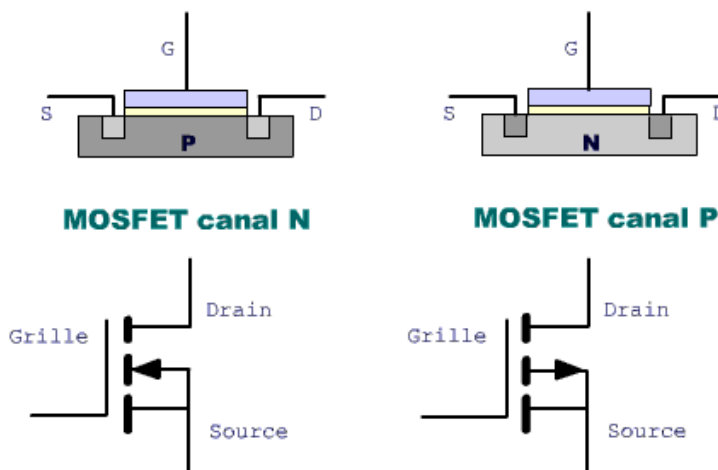


Figure 61 – MOSFET à enrichissement

9.8.2 MOS à appauvrissement

Le drain et la grille sont reliés par un canal étroit dont le dopage est identique à celui de la source et du drain.

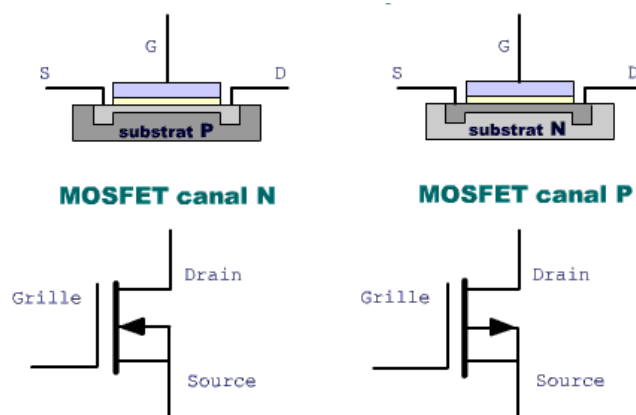


Figure 62 – MOSFET à déplétion

Prenons le cas du DMOS à canal N, si on applique sur la grille une tension négative par rapport au substrat, le nombre d'électrons libres, porteurs majoritaires dans le canal de type N, diminue ce qui réduit la conductivité du transistor.

NB. En principe, ces transistors ont quatre électrodes: la grille, le substrat, la source et le drain. Souvent, la source et le substrat sont reliés au même potentiel.

La technologie MOS se prête très bien à l'intégration à grande échelle : elle permet de réaliser des composants logiques consommant très peu de courant, et permet ainsi un très grand niveau d'intégration (exemple : mémoires, microprocesseurs, circuits logiques divers) Les transistors MOS sont utilisés ici en commutation.

9.8.3 La technologie CMOS

La technologie CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) est basée sur le montage de couples de transistors MOS complémentaires, l'un de type P, l'autre de type N. Quand l'un conduit, l'autre est bloqué et inversement.

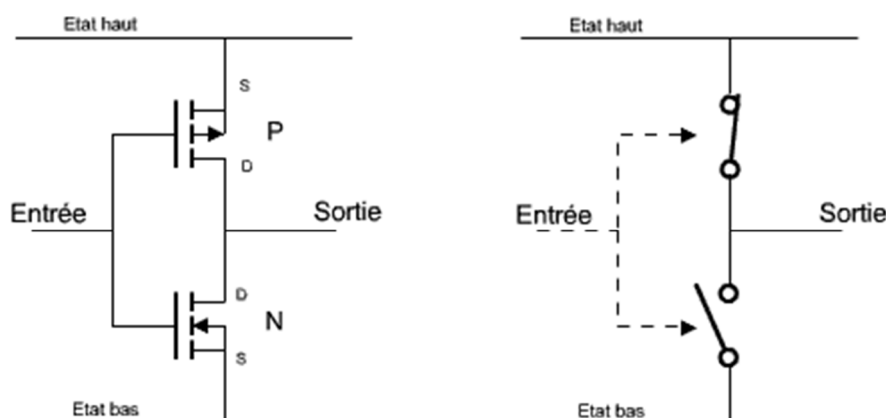


Figure 63 – Paire de transistors complémentaires et schéma équivalent avec des contacts

L'inverseur construit avec ces transistors a comme caractéristique remarquable qu'il consomme excessivement peu de courant. C'est l'équivalent d'un montage dont la sortie est reliée par deux contacts, reliés l'un à l'état haut et l'autre à l'état bas. Lorsqu'un contact est

fermé l'autre est ouvert. Aucun courant ne passe donc de haut en bas, si ce n'est pendant le temps de la commutation du circuit. Il n'y a pas non plus dans ce montage de résistance consommatrice inutile d'énergie comme dans le montage de la porte inverseuse réalisée avec un transistor bipolaire. [Cf. **Figure 55**, page 9-5]

10 Circuits imprimés

10.1 Cartes électroniques

Toutes les cartes électroniques que l'on trouve dans un PC, la carte mère et les cartes d'extension, sont réalisées à partir de circuits imprimés, en abrégé : PCB pour "*Printed Circuit Board*".

Les PCB servent aussi au montage de pratiquement tous les autres circuits électroniques : périphériques d'ordinateurs, téléphones portables, APN et même les cartes électroniques dans les machines équipées de composants électroniques telles que dans le domaine de l'électroménager ou de l'automobile.



Figure 64 - Circuit imprimé d'une montre bracelet

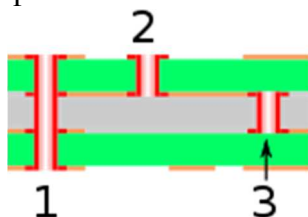
La plaque isolante d'un PCB est généralement constituée de fibres de verre noyées dans de l'époxy. L'époxy est une résine thermodurcissable, rigide et isolante. Il existe d'autre part des circuits imprimés souples, pour lesquels le support est alors une matière plastique flexible.

Des pistes de cuivre sont comme imprimées à la surface du PCB. Ces pistes conductrices servent aux interconnexions entre les composants électroniques soudés sur la carte.

On parle de circuits "simple face" lorsque les pistes de cuivre ne se trouvent que sur une seule face de la carte, celle que l'on appelle "côté soudure" alors que l'autre face est appelée "côté composants". (Il est rare que des composants soient mis sur les deux faces) Ces circuits "simple face" ne conviennent que pour des schémas ne nécessitant que peu d'interconnexions électrique entre les composants.

Les circuits "double faces" ont des pistes conductrices en cuivre sur les deux surfaces de la carte : côté soudure et côté composants. Les circuits simple et double faces peuvent être fabriqués sans recourir à un appareillage sophistiqué. Les électroniciens amateurs trouveront dans les revues électroniques des plans pour la fabrication de tels circuits.

On trouve enfin des circuits multicouches pour la fabrication de circuits complexes comme les cartes électroniques des ordinateurs. La fabrication des cartes multicouches n'est possible qu'au niveau industriel. Elles sont une superposition de fins circuits imprimés collés avec précision, les uns au-dessus des autres, tout en ménageant des liaisons électriques en certains point entre les cartes.



Ces passages peuvent être des trous métallisés qui traversent la carte de part en part (1), comme dans les circuits double faces. Ils sont dits "borgnes" (2) s'ils ne traversent pas toute la carte et sont dits "enterrés" (3) s'ils n'aboutissent ni d'un côté de la carte, ni de l'autre.

Figure 65 – Trous métallisés

10.2 Fabrication des PCB

Les électroniciens amateurs ou professionnels réalisent les prototypes de circuits simples à partir de plaques de circuits imprimés pré-sensibilisées. Toute la surface de la plaque isolante est recouverte de cuivre puis d'une laque photosensible aux rayons ultra-violet. Un film plastique noir protège la carte de la lumière. Le cuivre pré-sensibilisé est présent sur une ou deux faces selon que le circuit sera simple ou double face.

Le dessin du circuit est préparé sur papier calque ou tout autre film transparent aux rayons UV. Les pistes y sont dessinées ou imprimées avec une encre opaque noire. Cette feuille sert de masque ou "typon" que l'on applique sur la surface pré-sensibilisée avant de soumettre le circuit à un rayonnement ultra-violet intense.

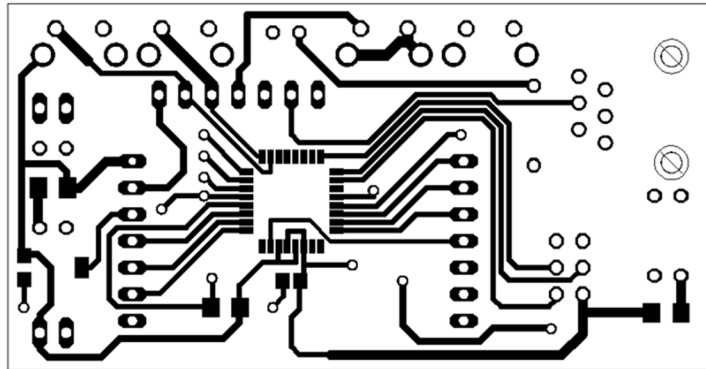


Figure 66 - Typon

Cette opération, appelée **insolation**, sert à transférer le dessin sur la plaque. Les tracés à l'encre opaque sur le typon empêchent les UV d'atteindre la laque photosensible là où le cuivre devra être conservé.

La plaque est ensuite plongée dans un liquide révélateur qui va dissoudre la laque photosensible qui a été soumise aux UV sans altérer la laque qui est restée masquée sous le tracé à l'encre opaque du typon. Cette opération est appelée le **développement**.

Après avoir rincé la plaque sous l'eau on la plonge dans une solution chimique qui va attaquer et dissoudre le cuivre qui n'est pas protégé pour les traces de laque. Cette étape est appelée la **gravure**.

Après un nouveau rinçage à l'eau, la plaque est essuyée puis nettoyée avec de l'acétone pour retirer la laque photosensible qui est restée sur les pistes de cuivre. Les pistes de cuivres peuvent être protégées par l'application d'une couche d'étain. Cet **étamage** n'est pas obligatoire mais il va protéger le cuivre contre l'oxydation et facilitera la soudure des composants.

Vient ensuite le **perçage** des trous qui serviront au passage des broches des composants. Ces trous ont un diamètre de quelques dixièmes de millimètre. Ils sont percés avec des mèches assez fines et de qualité suffisante pour pouvoir s'attaquer à l'époxy et aux fibres de verre.

Lors de la fabrication industrielle de cartes double faces, les trous sont ensuite métallisés par des procédés électrolytiques pour assurer la liaison électrique au travers de la carte.

La carte ainsi réalisée est maintenant peut maintenant recevoir les composants qui y seront soudés à l'étain.

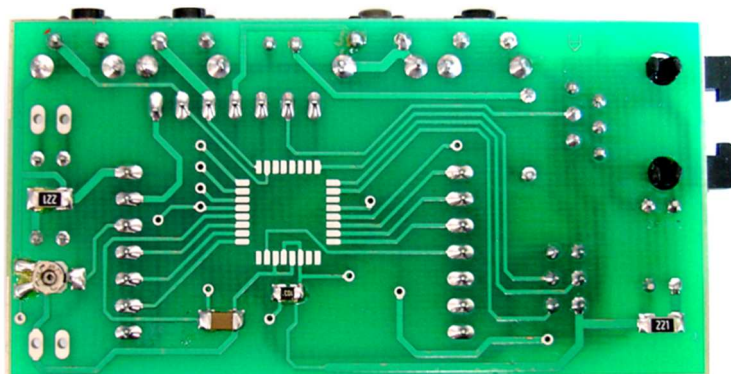
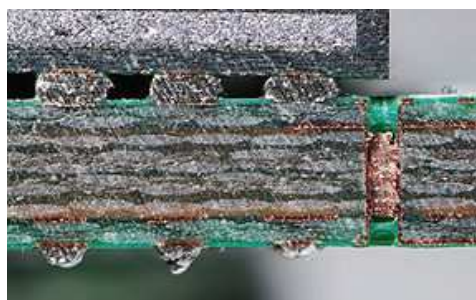


Figure 67 – Circuit imprimé vu du côté soudures

Figure 68 – Circuits imprimés quatre couches (Photos Wikipédia)



10.3 Soudure des composants

Les composants sont soudés⁶ aux pistes du circuit imprimé par un alliage à base d'étain. Jusqu'il y a peu, les mélanges d'étain et de plomb étaient autorisés. Ces soudures fondaient à environ 180°C. La nocivité du plomb est maintenant reconnue et les alliages que l'on utilise à présent nécessitent une température légèrement supérieure, 220°C pour les alliages à base d'étain et d'argent mais jusqu'à 320°C pour des alliages d'étain et de cuivre. Les soudures faites avec ces alliages sans plomb sont malheureusement un peu moins faciles à réaliser.

La soudure des composants est une opération qui doit être faite avec un soin suffisant pour établir une liaison électrique (et pas seulement mécanique) résistante au temps et à la corrosion. Une soudure mal réalisée pourra être à l'origine de mauvais contacts. Elle devra être refaite. Cela n'est bien sûr possible que si les composants et leurs broches sont assez gros tels que les brochages de composants discrets, résistance, condensateur, LEDs, transistors, ou encore la fixation de connecteurs, de fils électriques, de sockets de circuits divers, de boutons etc.

10.3.1 Outillage

Nous parlons ici de l'outillage du technicien. Rien à voir donc avec les machines qui sont utilisées dans l'industrie pour la fabrication de cartes électronique en grandes séries.

Le fer à souder

Un fer à souder est composé d'une résistance électrique dont la chaleur s'écoule idéalement vers la pointe du fer, appelée panne. Le manche est isolant tant au niveau électrique qu'au niveau thermique. Le prix d'un fer à souder peut aller de 10 à 300 €, tout dépend de l'utilisation à laquelle on le destine. Le fer à souder utilisé en électronique aura une panne assez fine (+/- 2mm) mais ne doit pas nécessairement être de faible puissance. Il existe des fers à panne interchangeable ce qui permet d'adapter l'outil aux dimensions des contacts à souder. Certains fers sont à température réglable mais ce n'est nécessaire que pour un usage intensif.

Support de fer à souder

On y pose le fer dès qu'on a fini une soudure. C'est précieux pour éviter les accidents.

⁶ . Il faudrait, pour être tout à fait exact, parler de « brasage » Ce n'est pas à proprement parler du « soudage » car il n'y a pas fusion des pièces à assembler mais simplement l'apport d'un métal liquide dont la température de fusion est inférieure aux métaux à assembler.

Éponge humide

On y essuiera la pointe du fer dès qu'elle semble s'encrasser. La panne doit toujours être recouverte d'une fine pellicule de soudure sans traces de résine ou de plastique fondu.

La soudure

Le fil de soudure est creux. Il contient une substance décapante qui nettoie les surfaces sur laquelle la soudure devra adhérer. Le prix du fil de soudure varie selon les métaux qui entrent dans la composition de l'alliage, l'argent en particulier.

Pince coupante

Il faut une pince à bec fin. Elle sert à couper les bouts de fils qui dépassent sous le circuit imprimé après que les composants soient soudés.

10.3.2 Comment souder

- Les parties à souder doivent être propres, sans graisse ni oxydation.
- Placer les composants sur le circuit imprimé en vous assurant qu'ils ne retombent pas une fois le circuit retourné vers le bas. On pliera par exemple légèrement les fils des composants à l'arrière du PCB afin qu'ils restent en place pendant la soudure.
- Le fer doit être suffisamment chaud avant de le mettre en contact avec les éléments à souder. Le fil de soudure doit fondre instantanément au contact de la panne. On s'assure que la panne est étamée, le contact au travers de la soudure liquide va faciliter le transfert de chaleur entre le fer et les composants à souder.
- Les deux parties à souder doivent être chauffées simultanément. Dès qu'ils sont à une température suffisante, on applique le fil de soudure sur les pièces à souder et non pas sur la panne. Cette opération doit être assez brève, idéalement une ou deux secondes, le temps que la soudure bien liquéfiée mouille et se répartisse convenablement sur les surfaces à souder. Avec une température insuffisante, l'opération devient trop longue et les composants électroniques risquent d'en souffrir.

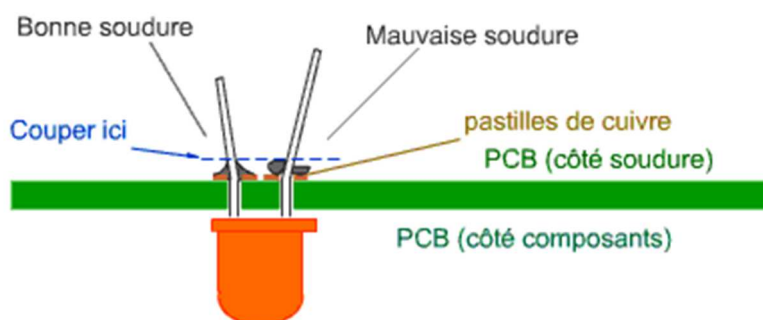


Figure 69 – Réalisation de la soudure

- Retirer la panne en veillant à ce que les pièces à souder restent immobile pendant que la soudure se solidifie. Sans cela, la soudure risque de se fissurer. La fissure presque invisible à l'œil nu, va s'oxyder et au bout d'un certain temps ce qui donnera de mauvais contacts très difficiles à décèler par la suite. Ce genre de problème, que les électroniciens appellent « soudure froide » ou « soudure sèche », peut être soupçonné si la soudure n'a pas un bel aspect. Aspect granuleux, mauvaise répartition de la soudure. On y remédie en faisant refondre la soudure pour mieux la faire adhérer aux surfaces soudées.
- Couper le fil qui dépasse juste au-dessus de la soudure

10.3.3 Comment dessouder ?

Il peut arriver que l'on doive remplacer un composant grillé ou un connecteur cassé. Ce genre de réparation est parfois le seul moyen de sauver un appareil qui sans cela est hors d'usage. Il faut pour cela savoir dessouder le composant à remplacer sans trop cannibaliser le circuit imprimé. A trop faire chauffer la soudure, on risque de décoller la piste de cuivre du PCB. La méthode la plus simple (et donc celle à essayer pour commencer) est de placer la carte avec les soudures vers le bas puis d'appliquer la pointe du fer à souder sur la soudure en espérant qu'en fondant elle vienne descendre sur la panne. Une fois la soudure liquéfiée retirez le fer et tapez d'un petit coup sec la carte sur la table, avec un peu de chance la soudure se détachera sous forme d'une goutte qui tombera sur la table. Attention à ne pas vous brûler avec ces projections de soudure en fusion !

On peut aussi supprimer la soudure à l'aide d'une tresse à dessouder. Appliquer la tresse sur la soudure puis appuyer la pointe du fer à souder par-dessus. Une fois la température de fusion atteinte la soudure sera absorbée par la tresse comme si c'était une éponge. Le bout de tresse imbibé de soudure est maintenant inutilisable, on le coupe et on le jette. C'est pour cette raison que la tresse est vendue sous forme de petite bobine.



Figure 70 – Tresse à dessouder

La pompe à dessouder est plus économique. Chauffer la soudure à éliminer ; dès qu'elle est liquide approchez l'extrémité de la pompe et déclencher l'aspiration. L'opération doit parfois être répétée quelque fois avant que le résultat soit concluant. N'oubliez pas de démonter régulièrement la pompe pour évacuer les fragments d'étain qui sont devenues les gouttes de soudure qui ont été aspirées. L'embout de nylon qui est mis en contact avec la soudure liquide et la panne du fer résiste assez bien mais sera à remplacer après quelque dizaine d'utilisations.



Figure 71 – Pompe à dessouder

10.3.4 Trucs et mauvaises astuces à ne jamais faire !

- Utiliser un fer à souder pour dénuder les fils ou faire des trous dans du plastique, ça marche mais la panne va en prendre pour son grade !
- Frotter la pointe du fer avec du papier verre ou une lime. La surface de la panne est faite pour résister à la corrosion au contact de l'étain. Enlever cette couche protectrice serait dommageable pour la longévité de la panne.
- Souder des pièces sous tension.

11 Circuits intégrés

11.1.1 Le premier circuit intégré

L'idée d'intégrer plusieurs transistors et d'autres composants de circuit électronique sur une seule puce germa dans l'esprit de Jack Kilby en juillet 1958.

Il avait été engagé deux mois plus tôt chez Texas Instruments pendant les congés d'été n'avait pas encore droit à bénéficier de vacances comme les autres employés. Pratiquement seul dans l'entreprise il n'avait rien d'autre à faire que de penser. Les machines étaient inactives aussi entreprit-il de construire le premier circuit complexe sur un seul cristal.

Jack Kilby fut pour cette invention l'un des lauréats du Prix Nobel de physique en 2000.

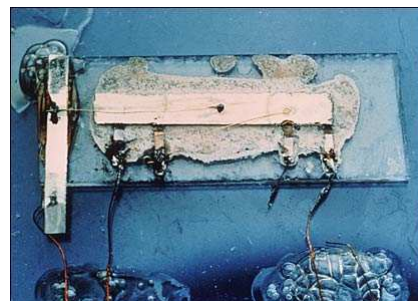


Figure 72 -
Premier circuit intégré

11.1.2 Boîtier et brochage

L'aspect des circuits intégrés a bien changé depuis. Les CI se présentent sous forme de boîtiers en plastique ou en céramique munis de broches (*pins*) à souder aux circuits imprimés ou à sertir dans des sockets.

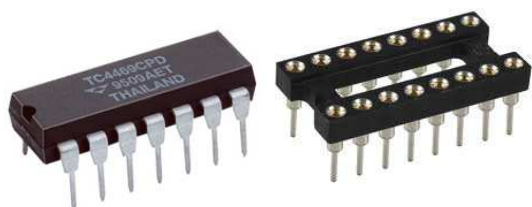


Figure 73 *Circuit intégré et socket DIP*
= deux rangées de 7 contacts

Les inscriptions sérigraphiées sur le boîtier indiquent le type du circuit, son origine et la date de fabrication sous la forme AASS. Ainsi, le circuit ci-contre a été fabriqué en Thaïlande la neuvième semaine de 1995.

Les premiers boîtiers étaient au format *Dual In Line Package* (DIL ou DIP). Ce format est toujours employé pour les circuits qui ne regroupent qu'un petit nombre de composants. Ces circuits intégrés peuvent être soudés sur le circuit imprimé ou insérés dans des sockets DIP.

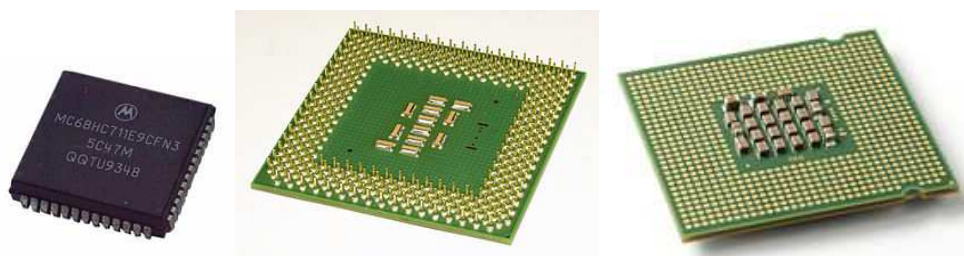


Figure 74 - *Évolution du brochage des circuits intégrés*

Les circuits étant de plus en plus complexes nécessitaient plus de contacts. Pendant un temps les contacts disposés à la périphérie d'un boîtier carré suffisaient. Ensuite les constructeurs de processeurs notamment ont placés les broches sous la surface du boîtier. Pour les circuits soudés ces contacts ont pris la forme de matrices de billes de soudure (BGA - *Ball Grid Array*) qui sont devenues des pastilles (LGA - *Land Grid Array*) pour les circuits destinés à être connectés sur un support tel que les sockets des processeurs actuels d'Intel.

11.1.3 Construction de la puce

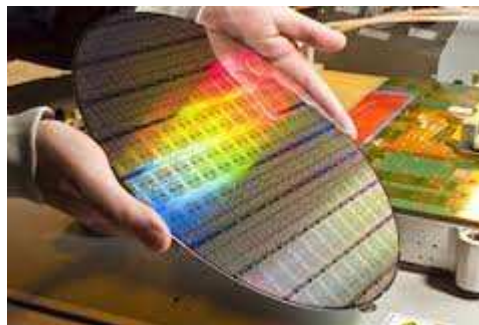
Les circuits intégrés regroupent sur une seule **puce** de nombreux composants miniaturisés : résistances, condensateurs, diodes et transistors. Ce sont tous les composants de base dont nous avons parlé dans les chapitres précédents hormis les bobines difficiles à miniaturiser.

L'intégration à grande échelle coïncide avec l'avènement de la microinformatique. Actuellement, les circuits intégrés tels que les processeurs de nos PC regroupent plusieurs centaines de millions de transistors.

Le matériau de base pour la fabrication des IC (*Integrated Circuit*) est le silicium pur. On découpe dans un barreau de 30 cm de diamètre des galettes (*wafer*) d'un demi-millimètre d'épaisseur. Les circuits électroniques sont construits à la surface de cette galette par photolithographie. Cela nécessite des dizaines d'étapes :

- Oxydation de la surface,
- Dépôt d'un vernis photo sensible,
- Transfert du dessin du circuit à la surface de ce vernis,
- Exposition de vernis non recouvert à un rayonnement UV ou X,
- Suppression du vernis sensibilisé par un agent corrosif,
- Dopage des surfaces de silicium aux endroits qui ne sont plus couvert d'oxyde

Le processus est répété pour superposer plusieurs couches de circuits. Les circuits sont testés puis la galette est découpée en puces aussi appelées *die*. Chaque puce est ensuite placée dans un boîtier qui la protège mécaniquement et fournit les broches pour connecter le circuit aux circuits imprimés.



12 Composition d'un PC

12.1 Qu'est-ce qu'un PC ?



Figure 75 – Tours de différents formats

Rappelons que PC signifie "*Personal Computers*". Ce sigle a vu le jour au début des années 80 lorsqu'IBM lança ses premiers PC/XT. Ces ordinateurs contrairement aux autres micro-ordinateurs de cette époque (Appel, Amiga, Commodore ...) étaient assemblés à partir de composants standards, facile à cloner, d'où son succès.

Trente ans plus tard, le PC est toujours le type d'ordinateur le plus utilisé même si d'autres types d'ordinateurs sont encore construits pour des applications bien spécifiques. Celles demandant par exemple de fortes puissance de calculs, les mainframes, ou au contraire des ordinateurs embarqués tels que ceux qui se cache derrière le tableau de bord des voitures ou de n'importe quelle machine un tant soit peu automatisée.

Actuellement, les PC concernent les utilisateurs individuels et dans les applications professionnelles. Ils remplacent toujours plus les ordinateurs spécialisés ou servent de stations de travail. Regroupés dans des containers ils forment ensemble de gigantesques serveurs pour les data center des grands moteurs de recherche et pour l'hébergement du *cloud computing*.

12.2 Le PC vu de l'extérieur

12.2.1 Le boîtier ou « Unité centrale »

Les PC peuvent être "desktop", des tours ou des portables.

Les desktops sont des boîtiers horizontaux destinés à être posés sur le bureau. Ils sont conçus pour être peu encombrants (*slim line*) et par conséquent d'une évolutivité incertaine. Ces formats sont souvent proposés par les grandes marques et ne vous conviendront que si vous êtes sûr de ne pas vouloir par la suite y ajouter des cartes ou des disques, un graveur ou un lecteur DVD.

Les tours sont des boîtiers verticaux que l'on peut placer sur ou à côté du bureau. Elles existent en différentes tailles. Vous choisirez le format mini, midi ou maxi en fonction du nombre d'éléments que vous comptez y installer : cartes d'extension et baies 5"1/4 ou 3"1/2.

Facile à faire évoluer, en cas de panne les pièces de rechange se trouvent sans aucune difficulté.

La mobilité est l'avantage incontestable des portables ou *laptop / notebook*. Inconvénient : Leurs prix sont plus élevés que ceux des PC de bureau. Il est quasi impossible de les faire évoluer. Vous pourrez tout au plus changer le disque dur et ajouter ou remplacer une barrette mémoire. Si l'écran de votre portable rend l'âme, et surtout s'il n'est plus de toute première jeunesse ... c'est presque irrémédiablement le tout qu'il faut remplacer !



Figure 76 – Desktop, tour et portable

Aux portables, succèdent les tablettes et les systèmes informatiques de plus en plus miniaturisés comme le Raspberry Pi dont les dimensions sont réduites à celles d'une carte de crédit.



12.2.2 Le clavier - la souris

Ce sont les périphériques les plus communs mais aussi les plus utilisés. L'ergonomie du clavier dépend de son "toucher" et de sa forme.

Certains claviers sont pourvus de touches supplémentaires pour lancer des applications ou des fonctions multimédia ... est-ce bien nécessaire ?

La forme de la souris est aussi une question de goût personnel. N'essayez pas de faire des économies sur ce périphérique : l'utilisation d'une souris de mauvaise qualité est vraiment désagréable.

Ces périphériques existent maintenant sans fils (*wireless*) une amélioration indéniable au niveau du confort d'utilisation.



12.2.3 L'écran ou Moniteur

La dimension d'un écran est caractérisée par la longueur de la diagonale exprimée en pouces (un pouce = 2,54 cm)

Les écrans 14" convenaient à l'époque où les PC fonctionnaient sous DOS et n'affichaient que 25 lignes de 80 caractères. Les interfaces graphiques actuelles nécessitent une définition et une surface d'affichage bien plus importantes. Ces exigences ont évolué mais les prix des écrans ont heureusement diminué simultanément.

On peut se contenter d'un écran 15" pour un PC de bureau, mais si comme l'auteur de ce livre votre vue baisse avec l'âge⁷, mieux vaut faire l'investissement d'un écran plus grand. Si par contre, vous n'avez pas ce problème, ce qui importe est la résolution c'est à dire le nombre de pixels qui sont affichables à l'écran. Ce nombre dépend de la taille de l'écran mais aussi du "pitch" ou "pas de masque", c'est la distance exprimée en millimètres entre deux luminophores de même couleur. On parvient maintenant à avoir de hautes résolutions sur des écrans aussi réduits que ceux des smartphones.

12.2.4 Lecteurs / graveurs de disques optiques

Les techniques de lecture et de gravure sur disque optique ne cessent d'évoluer. Ce sont d'abord des lecteurs de CD-ROM qui ont équipé nos PC. Puis sont venus les graveurs, les disques réinscriptibles, les DVD, les HD-DVD abandonnés maintenant et enfin des Blu-Ray Disk (BD ou B-RD). Chaque nouveau lecteur est compatible avec les technologies précédentes.

CD_ROM

En 1986, la première génération de lecteurs CD-ROM était capable de lire des disques de 650 MB avec une bande passante de 150 ko/s. Depuis la vitesse des lecteurs a progressé. S'ils portent maintenant la mention 48x ou 52x, c'est qu'ils sont capables de transférer 48 ou 52 fois plus de bytes par seconde soit 7,2 ou 7,8 Mo/s.

⁷ C'est ma vue qui baisse, pas mon âge, évidemment !

DVD

"DVD" vient de *Digital Versatile Disc* (disque numérique à usages divers) mais pour beaucoup, le DVD est avant tout un DVD vidéo

Un disque DVD peut contenir 4,7, 8,5 ou 17 Go de données soit l'équivalent de 26 CD-ROM
Les lecteurs DVD-ROM portent souvent deux mentions de vitesse, l'une en mode DVD-ROM l'autre en mode CD-ROM. Ces deux vitesses ne sont pas liées. Vous trouverez par exemple des lecteurs qui portent l'indication : DVD-ROM 16x + CD-ROM48x



Figure 77 – Lecteur de DVD

DVD-ROM 16x signifie 16 x 1,350 Mo/s
soit 21,6 Mo/s en mode DVD-ROM

CD-ROM 48x signifie ici 48 x 150 ko/s
soit 7,2 Mo/s en mode CD-ROM

Blu-ray

Un disque Blu-Ray (BD = Blu-Ray Disk) est un support optique offrant une capacité de 25 Go en simple couche (SL) et 50 Go en double couche (DL). Les vitesses de lecture sont de 36 Mb/s soit 4,5 Mo/s à multiplier par le coefficient donné dans les spécifications du lecteur.

Exemple : Vitesse de lecture : BD-ROM (SL) 10x, BD-ROM (DL) 10x, BD-RE (SL/DL) 4.8x,
DVD-ROM (SL) 16x, CD-ROM 40x
Vitesse d'écriture : BD-R (SL/DL) 10x/10x, BD-RE (SL/DL) 2x, DVD±R/R DL
16x/4x DVD+RW/-RW 8x/6x, CD-R/RW 48x/24x

12.3 Connexions vers l'extérieur

L'offre des connexions à l'arrière du PC varie peu d'un PC à l'autre. Certains connecteurs comme les connecteurs séries (DB9 male de couleur verte) ou le port parallèle tendent à disparaître pour laisser place aux connecteurs USB (*Universal Serial Bus*). La présence d'un connecteur vidéo (VGA DVI-D ou HDMI) sur la carte mère indique que le chipset possède des fonctions graphiques intégrées, ou parfois même que cette fonction peut faire partie du processeur lui-même.

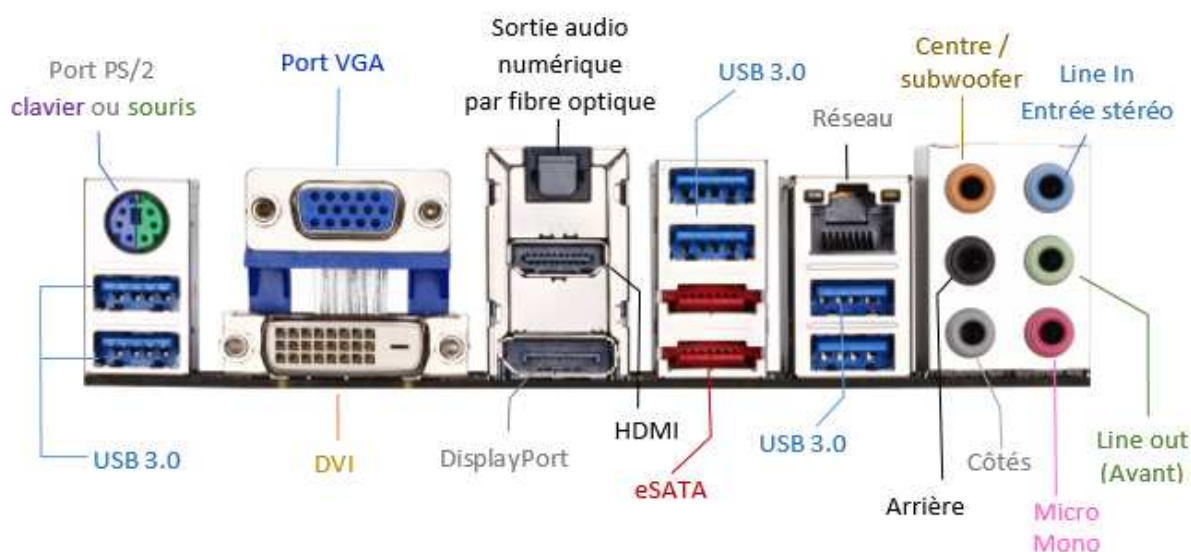
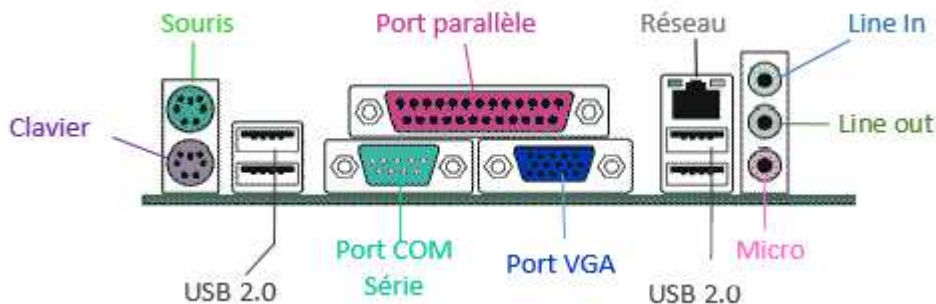


Figure 78 – Connecteurs à l'arrière du PC



12.4 Le PC vu de l'intérieur

12.4.1 L'alimentation

Le bloc d'alimentation a pour rôle de fournir des tensions continues (3.3V, 5V, 12V, -5V et -12V) produites à partir du courant du secteur (courant alternatif 220V/50Hz dans nos régions ou 110V/60Hz aux Etats-Unis et au Japon) Le bloc d'alimentation échange également des signaux avec la carte mère pour lui signaler que les niveaux de tension sont corrects (PW-OK) ou pour recevoir les commandes de mise en marche ou en veille (PS-ON)



Figure 79
Bloc d'alimentation

Nous en reparlerons plus en détail au chapitre 14 page 14-1.

12.4.2 La carte mère

La carte mère est le circuit imprimé qui supporte la plupart des composants électroniques, le processeur, le chipset, les mémoires plus les connecteurs pour d'autres circuits imprimés : les cartes d'extensions. Tous ces éléments placés sur la carte mère sont interconnectés par des bus, sortes de voies de communication faites de traces de cuivres imprimées à la surface et entre les couches d'époxy de la carte

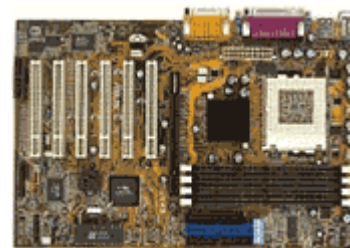


Figure 80 - Carte mère

Depuis 1995, (ça date déjà !) les cartes mères ont pratiquement toutes le format ATX. Un format plus récent encore, le format BTX était prévu pour fin 2004. Sur ce format créé par Intel et Sony les mémoires et le CPU sont disposés de manière à être mieux refroidis par la ventilation du boîtier. Les processeurs actuels chauffent moins que les P4 de l'an 2000 et le passage au format BTX n'est plus jugé aussi pressant.

Plus de détails sur la carte mère au chapitre 17 page 17-1

12.4.3 Le processeur

Le processeur ou CPU pour "*Central Processing Unit*" a essentiellement pour tâche de

- 1° lire des données en mémoire ou dans les I/O
- 2° Traiter les données
- 3° écrire des données en mémoire ou dans les entrées/sorties

Les performances des CPU évoluent très rapidement (plus rapidement que celles des autres composants du PC). Elles dépendent de sa fréquence (le nombre de cycles par seconde), du nombre d'instructions qu'il peut exécuter par cycle d'horloge et du nombre de bits qu'il peut traiter en parallèle.

Les principaux fondateurs de CPU pour PC sont actuellement [Intel](#) et [AMD](#).

12.4.4 Le chipset

Cf. chapitre 20 [Chipset](#) p. 20-1

12.4.5 Les composants mémoire

Cf. chapitre 21 [Mémoires](#) p. 21-1

12.4.6 Les connecteurs pour cartes d'extension

Destinés à recevoir les cartes d'extension ces connecteurs ont évolué depuis les premiers PC. Au départ les connecteurs [ISA \(*Industry Standard Architecture*\)](#) véhiculaient un bus de données de 8 bits. Ils ont été allongés pour s'adapter au bus 16 bits des PC/AT tout en restant compatible avec les cartes 8 bits. Le [VLB \(*Vesa Local Bus*\)](#) est une variante 32 bits qui a existé sur les cartes mères équipées de 486.

Les connecteurs [PCI \(*Peripheral Component Interconnect*\)](#), 32 bits de données, ont coexisté avec les connecteurs ISA 8 et 16 bits. Les cartes actuelles ne sont plus équipées de connecteur ISA et bientôt feront place aux connecteurs [PCI Express](#).

12.4.7 Les cartes d'extensions

A l'origine, les cartes mères des PC XT, n'avaient qu'un seul connecteur affecté au clavier. L'écran, les lecteurs disques et de disquettes, les ports parallèles et séries étaient connectés via des cartes supplémentaires. Toutes ces fonctions ont progressivement été intégrées à la carte mère, parfois même les circuits de la carte graphique. De nouvelles connexions vers l'extérieur sont venues s'ajouter : connecteurs pour réseaux ou les ports USB. Un PC ne contenant rien de plus qu'une telle carte mère est une solution économique et suffisante pour des programmes de bureautiques.

Une carte graphique supplémentaire cependant sera la bienvenue pour les utilisateurs ayant

des exigences graphiques sont plus élevées (jeux, montage vidéo, etc.)

Les connecteurs PCI sont disponibles pour ajouter des cartes d'interface supplémentaires : cartes SCSI, cartes avec ports USB complémentaires, carte graphique pour un second écran, cartes de communications par infrarouge ou par onde radio avec le clavier ou la souris et nul doute que cette liste s'allongera sans cesse.

12.4.8 La carte graphique

La carte graphique est un élément prépondérant du PC. Les performances globales de l'ordinateur dépendent de la vitesse d'affichage.

Il fut un temps où les cartes graphiques se connectaient sur le bus PCI. (133 Mo/s pour un PCI à 33 MHz) ($33\text{MHz} \times 32 \text{ bits} = 133 \text{ Mo/s}$) Puis on a ajouté aux cartes mères un connecteur spécial, l'AGP (*Accelerated Graphic Port*) qui assure une connexion directe du contrôleur graphique au bus mémoire de l'ordinateur.

L'AGP 1x était cadencé à 66 MHz pour une largeur de 32 bits soit 266Mo/s. Il y eu ensuite des variantes dont les fréquences était des multiples (2x, 4x et 8x) des 66 MHz de l'AGP de départ. Ainsi la bande passante maximale d'une carte AGP 8x est de $8 \times 266 \text{ Mo/s}$ soit 2133 Mo/s.

Le port AGP est plus performant non seulement parce qu'il a une bande passante plus élevée que le bus PCI mais aussi car il n'a pas à être partagé par d'autres cartes d'extension (réseau, adaptateur SCSI, carte son etc.)

Les premières versions de ports PCI express sont apparues en 2004. Le port PCI express 16x permettait dès la première version d'obtenir un taux de transfert deux fois supérieur à celui d'une carte AGP. Les ports PCI express ont définitivement remplacé les AGP.

Toutes les cartes graphiques peuvent fonctionner en mode texte ou en mode graphique.

La carte graphique est d'autant plus sollicitée que le nombre de pixels est élevé.

L'espace mémoire à consacrer à l'affichage dépend aussi du nombre de couleurs dont on souhaite disposer que l'on désigne par la " profondeur de couleur " 4 bits suffisent pour pouvoir distinguer 16 couleurs pour un pixel. Avec un byte par pixel on pourra avoir 256 couleurs

Nombre de couleurs	Nombre de bytes par pixel	Mode d'affichage
$2^4 = 16$	$\frac{1}{2}$	VGA Standard
$2^8 = 256$	1	256 couleurs
$2^{16} = 65536$	2	Couleurs 16 bits
$2^{32} = 4\,294\,967\,295$	4	Couleurs vraies 32 bits

Le confort visuel dépend aussi du taux de rafraîchissement. Cette fréquence doit être au minimum de 65 Hz pour donner une impression de stabilité de l'image.

Le choix de la carte doit être fait en fonction du PC où elle est installée. Inutile d'acheter une bête de course pour remplacer la carte graphique d'une machine ancienne, peu puissante ou si vous avez un petit écran. Les modèles d'entrée de gamme suffisent pour des applications bureautiques, Internet ou même pour faire de petites retouches de photos. Les modèles plus performants en termes d'affichage 3D deviennent nécessaires pour les programmes de jeux.

Les cartes spécialisées en multimédia sont utiles pour faire des montages vidéo. Il faut alors que la carte soit munie d'entrées / sorties supplémentaires pour les captures d'images ou pour y brancher un téléviseur ou un second écran. Certaines cartes sont équipées de circuits spécialisés pour décompresser les images lues sur les DVD vidéo.

12.4.9 Les disques

Cf. [Disques](#)

12.4.10 Les câbles

13 Le boîtier

13.1 Critères de choix d'un boîtier

Le boîtier aussi appelé châssis n'est pas un élément indispensable au fonctionnement du PC. Un boîtier n'est jamais en panne et il est même possible de tester les composants d'un PC en les disposant proprement sur une table et en les interconnectant ensemble sans les fixer dans un châssis. Cette méthode convient pour faire des tests lors des séances de laboratoire mais dans la vraie vie, les PC ne peuvent tourner comme cela à cœur ouvert et puisque le choix d'un boîtier s'impose, voyons quels en sont les critères :

1. Ce qu'on veut mettre à l'intérieur
2. La place disponible
3. La qualité générale (robustesse, isolation sonore, ventilation, design ...)
4. Facilité de montage (Si vous avez déjà dû démonter un boîtier avec des fils partout pour changer un composant caché derrière les disques au risque de vous faisant lacérer par les bords coupants des tôles, alors vous savez de quoi il s'agit...)

13.2 Tour ou PC de bureau (Tower or desktop)

Les portables étant mis à part on distingue diverses familles de boîtiers :



Les tours verticales que l'on peut poser au sol ou sur le bureau. Il y en a de différentes dimensions (petite, moyenne ou haute) à choisir en fonction du nombre de cartes d'extension, du nombre de disques et du nombre de baies 5 pouces $\frac{1}{4}$ et 3 Pouce $\frac{1}{2}$ pour les lecteurs (disquettes, CD-ROM, DVD, ...) et autres graveurs que vous avez l'intention d'installer.

Les "desktops", boîtiers horizontaux à poser sur le bureau. Ils sont parfois de dimensions réduites ce qui limite l'ajout de cartes d'extensions ou de lecteurs supplémentaires. Les cartes mères des boîtiers surbaissés (appelées aussi *slim line* ou *Low profile*) ont un facteur d'encombrement LPX ou NLX. Les connecteurs ISA et PCI se trouvent sur une carte élévatrice à laquelle se fixent les cartes d'extension parallèlement à la carte mère

Figure 81 - Grande tour

Enfin les minis PC ou *barebones* conviendront aux PC de salon. Ils sont de dimensions si étriquées que leur évolutivité est plus qu'incertaine. Sauf qu'à présent tout ce qui est nécessaire au PC, la sortie vidéo, le son, les ports USB, la connexion réseau sont maintenant intégrés au chipset de la carte mère et les connecteurs PCI sont quasiment devenus inutiles.



Figure 82 – Boîtier de mini PC et carte mère avec un seul port PCI

13.3 Boîtiers rack 19 pouces

Ces boîtiers sont conçus pour être empilés dans des baies de 19 pouces de large.

Ils répondent aux exigences des entreprises qui ont besoin de plusieurs serveurs, de grands espaces de stockage ou d'une forte puissance de calcul.

Les baies sont les armoires où l'on regroupe aussi les panneaux de brassage, les commutateurs et les routeurs.



Ce boîtier a pour avantage, notamment lorsqu'il est installé dans la baie avec des rails, d'accorder une grande accessibilité aux différents composants.



13.4 Facteur d'encombrement

Rappelons que cette expression « facteur d'encombrement » ou en anglais « *form factor* » fait simplement référence à une norme visant à standardiser les modèles des cartes mères, des blocs d'alimentation et des boîtiers. Un boîtier dont le facteur de forme est l'ATX pourra accueillir sans difficulté une carte mère et un bloc d'alimentation eux aussi ATX. Les dispositions des connecteurs sur la carte mère et des trous de fixation pour la fixer au châssis ont été étudiées pour permettre l'assemblage parfait d'éléments de marques différentes.

La majorité des PC sont au format ATX. Il y a peu de chance que vous trouviez encore des facteurs d'encombrement de type AT ou NLX. Intel a proposé un format BTX pour remplacer l'ATX en 2004 mais ce projet fut abandonné en 2007.

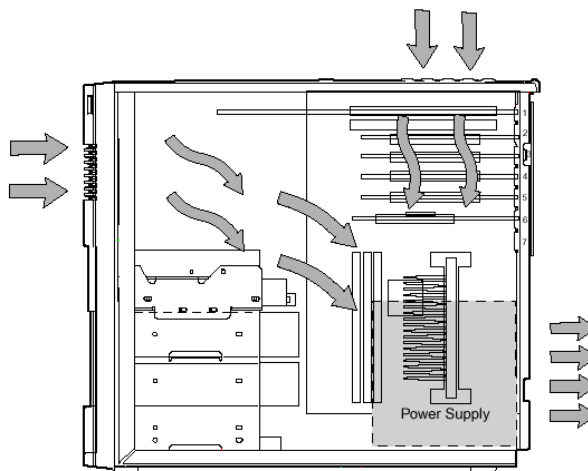
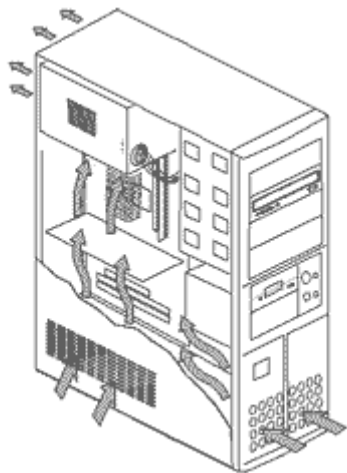
13.5 Ventilation du boîtier

Ne laissez pas votre boîtier ouvert, cela empêche une circulation efficace de l'air. Après avoir bricolé dans un PC, pensez à attacher les câbles avec soins pour qu'ils n'entravent pas trop la ventilation.

L'idéal est d'avoir un ventilateur en façade pour aspirer l'air frais et de préférence muni d'un filtre pour retenir les poussières et à l'arrière du boîtier un autre ventilateur qui refoule l'air chaud.

La ventilation du boîtier n'est parfois assurée que par le ventilateur de l'alimentation. Le bon refroidissement du CPU va donc dépendre de la position de l'alimentation.

Dans le modèle ancien représentée ci-contre, l'alimentation est placée dans le bas du boîtier, près du processeur. La ventilation aspire la chaleur produite par le CPU et l'évacue vers l'extérieur.



Dans les tours actuelles, l'alimentation est placée en haut avec des ouvertures vers le bas pour aspirer la chaleur produite par le CPU.

13.6 Montage et démontage

13.6.1 Outillage

Un outillage de base rudimentaire suffit bien souvent : un tournevis cruciforme et une pince à long bec.

13.6.2 Précautions

- Débranchez le PC pour manipuler les composants hors tension.
- Evitez l'électricité statique. Par temps sec surtout et si vous traîner les pieds sur du tapis plain ! Vous pourriez accumuler de l'électricité statique qui au contact des composants électroniques pourrait s'y décharger et les endommager. Le danger est annoncé par le sigle ESD pour *Electro-Static Discharge*. Le seul fait de toucher une partie métallique du châssis non recouverte de peinture doit suffire pour que vous soyez au même potentiel. Par prudence, vous pourriez utiliser un bracelet antistatique relié par un cordon électrique à la terre ou au châssis. Ce cordon comporte une résistance d'environ 1 M Ω (méga ohm) pour éviter tout risque d'électrocution.
- Ne déposez jamais les cartes électroniques sur une surface conductrice, même si votre PC est hors tension. La carte mère comporte une pile qui en court-circuit risque de se vider et même dans certains cas d'exploser !
- Avant d'ouvrir un PC, examinez-le avec attention. Ne dévissez pas n'importe quoi pour ouvrir le boîtier. Veillez entre autre à ne pas confondre les vis de fixation de l'alimentation avec celles qui referment le boîtier. Les vis n'ont pas toutes les mêmes dimensions, ne négligez pas ce détails sinon les trous de fixation et les vis finissent par s'abîmer.
- Enfin dernière considération pour cette partie "mécanique" les boîtiers sont souvent faits de tôles pliées et découpées grossièrement. Les bords des tôles présentent alors des arêtes coupantes. Attention aux doigts !



14 Câblage et connectique

15 Le bloc d'alimentation



Le bloc d'alimentation d'un ordinateur est un élément essentiel auquel on ne prête souvent que peu d'attention. Les constructeurs peuvent dès lors facilement négliger la qualité de cet élément pour diminuer les prix de leurs PC sans que les clients ne s'en inquiètent.

Ces derniers s'intéresseront tout au plus à la puissance que peut délivrer l'alimentation ou au bruit que fait sa ventilation mais ont rarement les moyens d'en vérifier la stabilité, la consommation réelle ou l'immunité aux parasites.

Pourtant, des tensions d'alimentation mal régulées sont à l'origine de nombreuses pannes et risquent même être préjudiciables pour le reste du matériel.

15.1.1 Les tensions fournies

Le rôle de l'alimentation est de produire le courant continu (DC) nécessaire aux circuits électroniques. L'alimentation prend son énergie sur le secteur 230 V alternatif, 50 Hz dans nos régions (110V, 60 Hz aux Etats-Unis).

Les composants électroniques utilisent généralement les tensions de +5 V et +3,3 V.

Les cartes mères sont équipées de régulateurs pour produire les tensions plus basses encore que celles prévues initialement sur l'alimentation. Ces régulateurs sont alimentés en 3,3V, en 5 V et parfois même en +12 V pour produire des valeurs bien plus basses (1,8V ou 2,5V par exemple) destinées au processeur et aux barrettes RAM afin de limiter l'échauffement de ces circuits.

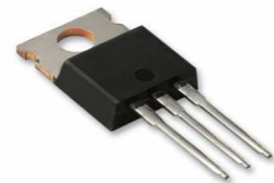


Figure 83
Régulateur de tension

La tension de 5V se retrouve également sur les ports USB pour fournir du courant aux périphériques qui ne disposent pas de leur propre alimentation.

La tension de -12V sert pour certains circuits de communication. La tension négative -5V ne servait que pour générer des courants de polarisation sur les cartes ISA qui n'ont plus cours dans les PC récents.

La tension de +12 V sert aussi dans certains circuits de communication. A l'origine elle était uniquement utilisée pour alimenter les moteurs des disques, des disquettes et des ventilateurs. Elle alimente maintenant des modules de régulation pour créer d'autres tensions.

Une tolérance de +/- 5% est acceptable pour les tensions de +12V, +5V et +3,3V. Pas de panique donc si vous mesurez 4,8 V au lieu de 5 V pile-poil. Les constructeurs ont prévu que cette tension puisse descendre jusqu'à 4,75 V (5 V - 5%)

Les tensions de -5 V et -12 V sont moins précises encore puisque les normes de fabrication des d'alimentations acceptent des écarts de +/- 10 %.

15.1.2 Les signaux échangés entre la carte mère et l'alimentation

Les cartes mères récentes fournissent un signal PS-ON via lequel un programme peut lui-même allumer ou éteindre l'alimentation. Cela permet d'allumer la machine automatiquement lors par exemple d'un appel via le modem « Wake on modem », via le réseau « Wake on LAN » ou à partir d'un port USB « Wake USB ». C'est aussi le signal PS-ON qui va couper automatiquement la machine lorsqu'on sélectionne l'option « Arrêter » du menu « Démarrer ».

La carte mère met la ligne PS-ON au zéro volt pour commander l'apparition des tensions +5, +12V, +3,3V, -5V et -12V. Ces tensions disparaissent quand la carte mère cesse de retenir la ligne PS-ON à la masse. C'est à ce moment aussi que le ventilateur s'arrête.

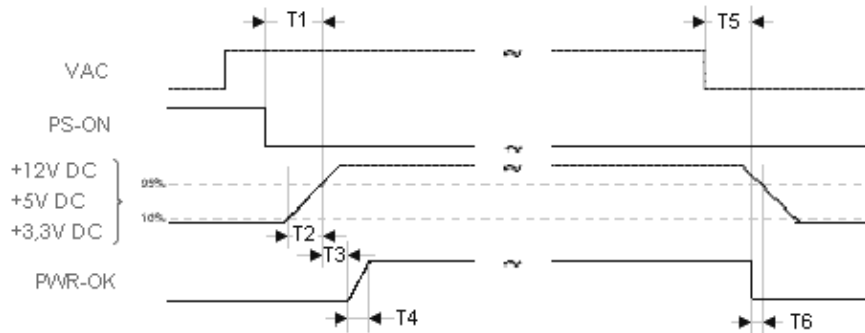


Figure 84 – Signaux échangés entre le bloc d'alimentation et la carte mère

La tension +5VSB (stand-by) est la seule qui soit livrée en permanence par l'alimentation quel que soit l'état de la ligne PS-ON. Elle est la source de courant pour les circuits qui doivent rester sous tension même lorsque l'ordinateur est éteint.

Après sa mise sous tension, l'alimentation délivre un signal « Power-good » (PG) parfois aussi appelé « Power-OK » (PW-OK) à la carte mère qui provoque l'initialisation du CPU. La montée du signal Power-OK a exactement le même effet que lorsqu'on agit sur le bouton reset du PC. Le processeur reprend la séquence de démarrage dès la première adresse du BIOS.

Le bloc d'alimentation met le signal PG (ou PW-OK) à 0V dès qu'il constate qu'il ne pourra continuer à fournir des tensions correctes. Ce peut être à cause d'une surconsommation ou d'un court-circuit sur l'une de ses sorties ou la disparition de la source de tension VAC. Ce dernier cas est illustré par la figure ci-dessus.

15.1.3 La puissance

La puissance utile dépend du nombre de périphériques installés dans le boîtier. Elle est donc indirectement liée à la taille du boîtier. Une alimentation de 250 W suffit pour une petite tour alors que dans une grande tour il vaut mieux prévoir un bloc d'alimentation de 400 W.

Penser à mettre la puissance de votre alimentation en cause si des problèmes apparaissent après avoir installé un nouveau périphérique.

Parmi les gros consommateurs, le processeur n'est pas le dernier. Plus ils sont récents et plus ils consomment de courant. Leurs systèmes de refroidissement sont d'ailleurs de plus en plus gros.

La puissance utile dépend aussi des périphériques USB qui n'ont pas d'alimentation propre et se servent du câble USB pour s'alimenter en courant à partir du PC.

15.1.4 Facteurs d'encombrement

Le facteur d'encombrement ou "*Form factor*" est une spécification qui permet de désigner les composants interchangeables par un même sigle. On rencontre principalement deux types standardisés d'alimentations: les LPX (ou AT) et les ATX. Elles se distinguent aisément par l'aspect des connecteurs destinés à l'alimentation de la carte mère.



15.1.5 Connecteurs pour cartes mères de type AT

Les alimentations LPX alimentent la carte mère de type LPX ou AT par deux connecteurs six broches qui souvent portent les inscriptions P8 et P9. Les alimentations ATX alimentent les cartes ATX par un connecteur de vingt broches et, pour les cartes mères plus récentes, deux connecteurs auxiliaires.

Ces connecteurs de type « **AT** » sont assez mal conçus puisque ces deux connecteurs six broches peuvent facilement être intervertis!

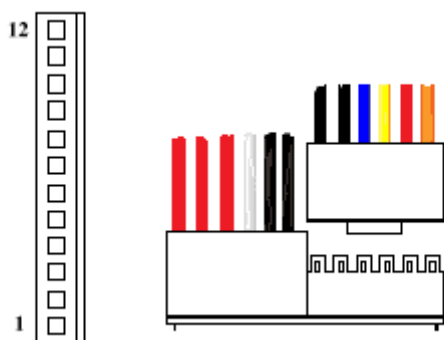


Figure 85 – Connecteur pour l'alimentation d'une carte mère de format AT

N°	Couleur	Nom
1	Rouge	+ 5V
2	Rouge	+ 5V
3	Rouge	+ 5V
4	Blanc	- 5V
5	Noir	GND
6	Noir	GND
7	Noir	GND
8	Noir	GND
9	Bleu	- 12V
10	Jaune	+ 12V
11	Rouge	+ 5V
12	Orange	PW-OK

15.1.6 Connecteurs de l'alimentation ATX

Les alimentations ATX alimentent les cartes ATX par un connecteur de 20 ou 24 broches et deux connecteurs auxiliaires.

Couleur	Nom	Couleur	Nom
Orange	+ 3,3V	Orange	+ 3,3V
Orange	+ 3,3V	Bleu	- 12V
Noir	GND	Noir	GND
Rouge	+ 5V	Vert	PS-ON
Noir	GND	Noir	GND
Rouge	+ 5V	Noir	GND
Noir	GND	Noir	GND
Gris	PW-OK	Blanc	- 5V
Violet	+ 5VSB	Rouge	+ 5V
Jaune	+ 12V	Rouge	+ 5V
Jaune	+ 12V	Rouge	+ 5V
Orange	+ 3,3V	Noir	GND

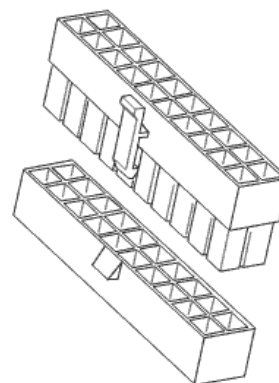
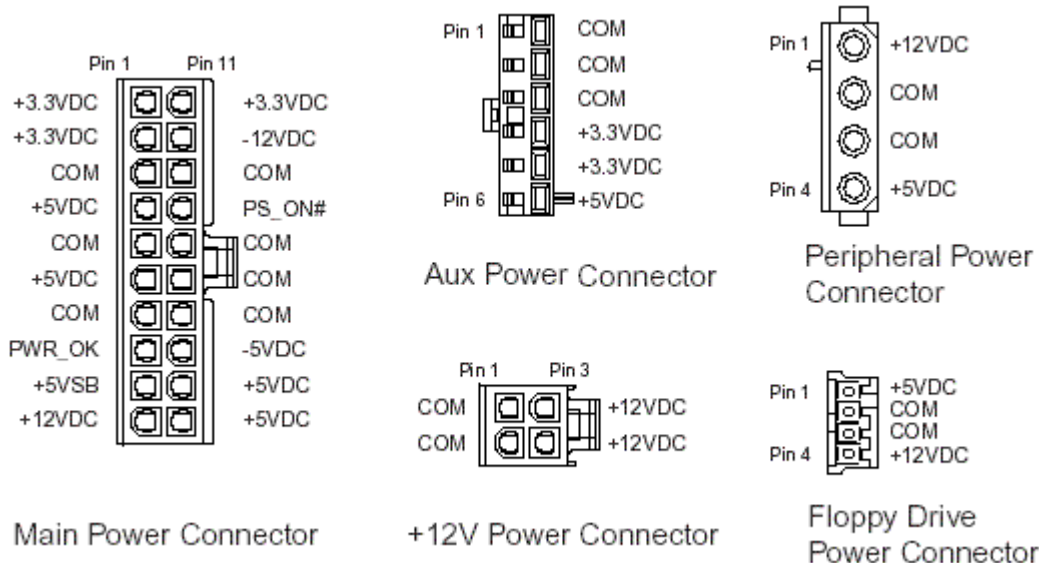


Figure 86 – Connecteur

pour l'alimentation de la carte mère de format ATX



15.1.7 Connecteurs auxiliaires

En principe, chaque câble est prévu pour laisser passer maximum 6 A. Le connecteur 20 broches de l'alimentation ATX possède 4 fils 5VDC, ce connecteur ne devrait donc pas laisser passer plus de 24A en 5 V. De même il y a trois fils oranges pour le 3,3 V le courant fournit sous cette tension ne devrait donc pas dépasser 18A. Certaines cartes mères demandent plus de courant Les alimentations de plus de 250 W possèdent un connecteur supplémentaire de six broches pouvant délivrer 12 A de plus en 3,3 V et 6 A de plus en 5 V.

Le connecteur principal n'a qu'un seul fil de couleur jaune pour délivrer le +12 V. Le connecteur ATX 12V est utile quand le courant à délivrer sous cette tension dépasse 6 A.

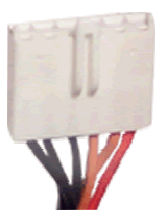


Figure 87
Connecteur auxiliaire

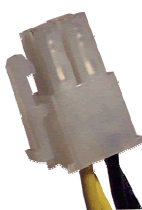


Figure 88
Connecteur 12V



Figure 89
Connecteur d'alimentation des disques SATA

15.1.8 Les options d'alimentation

Les BIOS et les systèmes d'exploitation peuvent maintenant réduire la consommation d'énergie en arrêtant les disques durs ou en éteignant le moniteur ou bout d'une certaine période d'inactivité. L'ordinateur peut ensuite passer en mode veille.

Ces fonctionnalités sont définies par des normes appelées APM (*Advanced Power Management*) quand elles sont assurées par le BIOS. La norme ACPI (*Advanced*

Configuration and Power Interface) concerne Windows, les options d'alimentation sont accessibles dans le panneau de configuration.

15.1.9 Problèmes fréquents

Sur certaines alimentations bas de gamme, le signal Power-OK est parfois simplement relié à la sortie 5 V ou alors retardé par un système trop élémentaire pour être fiable. L'ordinateur tente de démarrer alors que les tensions d'alimentation ne sont pas encore correctes et finalement « se plante » au démarrage. Vous pourrez conclure qu'il s'agit de ce problème si votre ordinateur accepte de redémarrer correctement quand vous appuyez sur le bouton reset.

Le problème d'une alimentation instable risque aussi de se poser lorsque vous changez de carte mère. Vous risquez de mettre celle-ci en cause alors que le problème est simplement dû à une alimentation de mauvaise qualité!

Elle peut aussi être à l'origine de messages d'erreurs de parité qui font suite à des erreurs dans la mémoire. Ces messages peuvent bien entendu être dus à des composants mémoires défectueux. On pensera cependant à incriminer l'alimentation si les erreurs concernent des zones mémoires très variables et à plus forte raison si ces messages subsistent après avoir échangé les barrettes mémoires avec celles d'un PC qui fonctionne sans problème.

En fait, toutes les pannes intermittentes peuvent être provoquées par une défaillance de l'alimentation. L'idéal est de disposer d'une alimentation de rechange assez robuste pour tester le PC en remplaçant provisoirement celle dont vous n'êtes pas certains.

Mais avant ce test commencez par vérifier les points suivants :

- Le ventilateur de l'alimentation est souvent en cause. N'est-il pas bloqué ? A la longue de la poussière s'y accumule, un petit coup d'aspirateur est parfois utile.
- Le cordon secteur pourrait être défectueux. Si vous en avez un autre rien ne coûte de faire l'échange.
- Vérifiez toutes les connexions. Les connecteurs doivent être enfoncés à fond. Il suffit parfois de retirer un connecteur puis de le remettre pour rétablir un contact qui était mauvais.
- Vérifiez les tensions à l'aide d'un voltmètre pendant que l'ordinateur est sous-tension et sans déconnecter les connecteurs d'alimentation de la carte mère. Une charge minimum est nécessaire pour que l'alimentation fonctionne correctement. L'alimentation pourrait paraître défectueuse si cette charge minimum n'est pas présente. Branchez-y au minimum une carte mère et un disque dur avant de faire vos mesures.

15.1.10 Les alimentations à découpage

Les alimentations classiques (alimentations linéaires) construites à partir d'un transformateur, d'un pont redresseur et d'un régulateur conviennent pour de petits appareils. On les trouve entre autre dans les adaptateurs secteurs qui alimentent les périphériques externes.

La particularité d'une alimentation de PC est qu'elle doit fournir des tensions continues avec des courants élevés. Le rendement d'une alimentation linéaire serait dans ce cas plus mauvais et les composants pour la réaliser seraient volumineux, lourds (transformateurs) et chers.

Les alimentations à découpage conviennent mieux dans ce cas.

Les composants de ce type d'alimentation fonctionnent en commutation, ils travaillent à une fréquence de plusieurs dizaines de kHz les dimensions des composants sont réduites. C'est le cas du transformateur de séparation entre la haute et la basse tension ainsi que des selfs et condensateurs qui constituent le filtre de sortie.

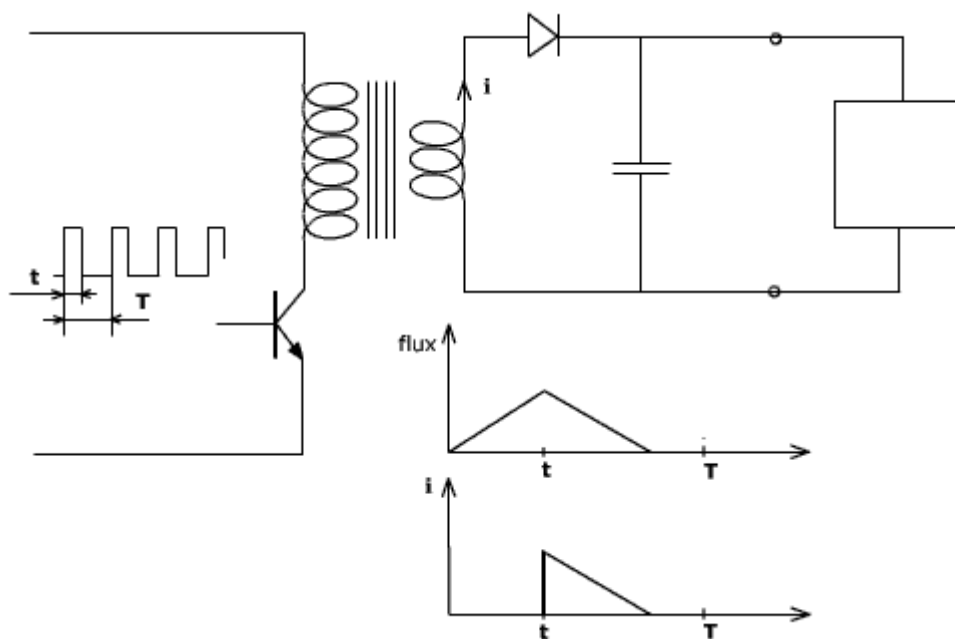


Figure 90 – Schéma (très) simplifié d'une alimentation à découpage

15.1.11 Principe de fonctionnement

La tension du secteur est redressée puis hachée en courtes impulsions.

- Chaque impulsion qui arrive au primaire du transformateur y crée un champ magnétique. La quantité d'énergie accumulée dans le circuit magnétique est proportionnelle à la largeur de l'impulsion.
- Lorsque l'impulsion au primaire disparaît, apparaît dans le secondaire un courant induit qui tend à s'opposer à la disparition du champ magnétique.

La tension en sortie est réglée par le rapport cyclique t / T .

15.1.12 Explications plus détaillées

NB. Le schéma ci-dessus et la courte explication ci-dessus ont été faits dans un souci de vulgarisation. Elles sont simplistes et ne conviendront évidemment pas aux lecteurs qui ont de bonnes bases en électronique. Ils trouveront une explication plus détaillée et incontestablement plus rigoureuse aux adresses suivantes :

<http://www.cooling-masters.com/articles-36-1.html>

<http://computer.howstuffworks.com/power-supply.htm>

16 Les onduleurs

16.1 Rôle

Bien que les réseaux électriques soient de plus en plus fiables et les pannes de courant de plus en plus rares, les perturbations du courant provoquent encore de graves dégâts au niveau des équipements informatique ou des données.

Outre les coupures de courant ; il y a aussi différentes formes de variation de la tension et de la puissance disponible. On retiendra en particulier les surtensions dangereuses provoquées par la foudre.

16.2 Conséquences de ces perturbations

- Les pertes de données
- Dégâts matériels
- Arrêts et redémarrages intempestifs
- Arrêts prolongés et perte de production

16.3 Les onduleurs

Les blocs d'alimentation des PC contiennent des condensateurs qui emmagasinent suffisamment d'énergie pour pouvoir faire face aux microcoupures de courant. D'autres équipements comme les appareils réseau ne disposent pas de ce type d'alimentation et seront plus souvent interrompus par les microcoupures.

Les surtensions concernent tous les appareils. On remédie à l'ensemble de ces problèmes en alimentant le matériel informatique via ce qu'on appelle communément un onduleur mais il faudrait dire UPS ou ASI.

- **UPS** pour « *Uninterruptible Power Supply* » dans la langue de Shakespeare
- **ASI** pour « *Alimentation sans interruption* » dans la langue de Molière.

Le terme onduleur est communément utilisé pour désigner cet appareil, mais en réalité, l'onduleur proprement dit n'est qu'une partie de l'UPS.

16.4 Que contient un UPS ?

- Des batteries au plomb (et donc lourdes) = réserve d'énergie = alimentation de secours
- Un convertisseur AC/DC pour produire le courant de charge des batteries
- Un onduleur pour générer du courant alternatif (AC) à partir du courant continu (DC) des batteries
- Des filtres pour réduire les parasites causés par les machines environnantes (interférences électromagnétiques)
- Des prises de courant pour alimenter les appareils à protéger
- Un système « parafoudre » pour éviter les surtensions dévastatrices
- Un logiciel pour organiser la fermeture des applications et éteindre les machines quand la panne devient trop longue et que les batteries s'épuisent.

16.5 Qui cela concerne-t-il ?

Ces équipements de sécurité ont un coût non négligeable. Ce coût est à mettre en rapport avec les risques encourus. Si un particulier peut facilement se passer d'un UPS et tout au plus se contenter d'une multiprise munie d'un système parafoudre, les petites entreprises, les PME et plus encore les grosses institutions, toutes les organisations qui tournent en réseau autour de serveurs informatiques risquent beaucoup et doivent être équipées de systèmes de sécurités plus ou moins complets.

16.6 Classification des UPS

On distingue trois types d'UPS. Citons les dans l'ordre croissant de leurs performances : « *Offline* », *line interactive* ou « *in line* » et « *on-line* »

16.6.1 Onduleurs « *Off-line* »

Cet équipement d'entrée de gamme est la solution la moins chère.

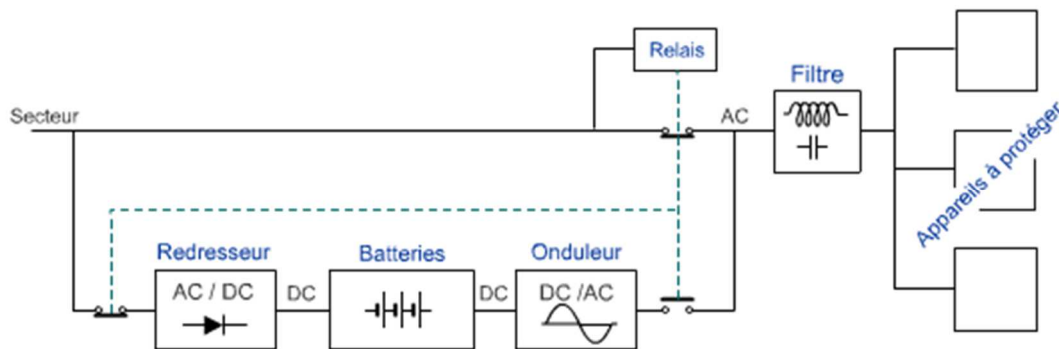


Figure 91

En temps normal, le système ne fait que filtrer les interférences transitoires à l'aide d'un filtre. Les batteries sont chargées mais elles ne servent que lors de défauts prolongés. Le temps de réaction nécessaire en cas de coupure accidentelle du secteur est de l'ordre de 8 à 10 ms. C'est amplement suffisant pour les PC mais sans doute pas pour les appareils réseau (HUB, Switches, modem, etc.)

Les onduleurs « *off-line* » ne peuvent donc rien contre les microcoupures.

16.6.2 Onduleur « *Line interactive* » ou « *in-line* »

→ Solution de coût intermédiaire

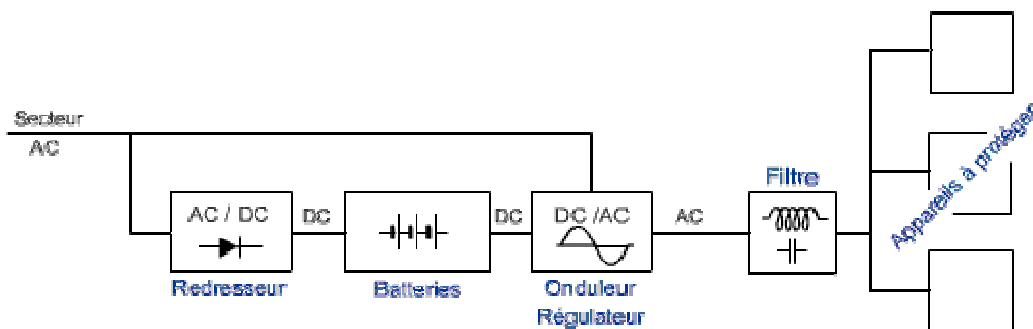


Figure 92 – L'onduleur « *in-line* » fonctionne en interaction avec le réseau

En temps normal, l'onduleur produit une tension alternative régulée à partir du courant délivré par le secteur. Cette régulation peut compenser les microcoupures ou les variations tension du secteur. C'est ce que certains constructeurs appellent la fonction "booster" en cas de baisse de tension. Les batteries n'interviennent qu'en cas de panne prolongée.

16.6.3 Onduleur « On-line »

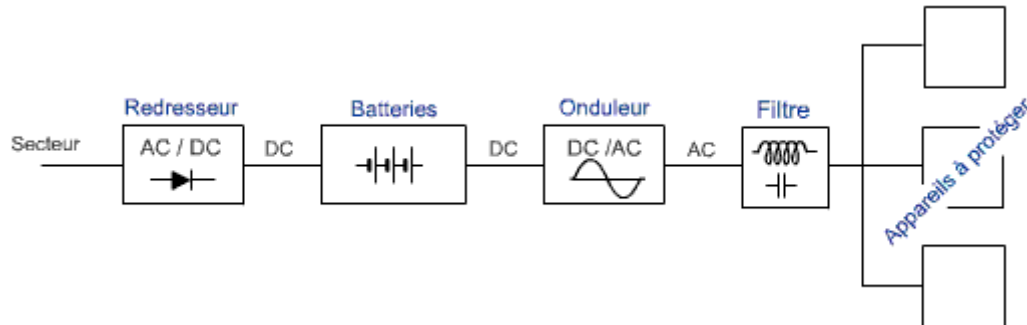


Figure 93 – L'onduleur « On-line » travaille en permanence

L'onduleur « on-line » fonctionne en permanence.

Le courant en provenance du secteur alimente en permanence le convertisseur AC/DC. Le courant continu produit à cet étage recharge les batteries et alimente l'onduleur (convertisseur DC/AC) lequel alimente les équipements à protéger.

16.6.4 Solutions partielles

Régulateur de tension

Le principe du régulateur de tension a déjà été mentionné dans le cas de l'onduleur « in-line ». C'est donc un dispositif semblable au système *line interactive* mais sans batterie ni onduleur. Cet appareil ne convient que si les coupures de courant ne sont pas à craindre.

Parafoudre

Le parafoudre ou « para surtension » (mais "parafoudre" se vend mieux) a pour rôle d'éliminer le surplus d'énergie qui provient d'une surtension, de la foudre par exemple. Il s'agit de systèmes qui présentent une forte impédance en temps normal mais dont l'impédance chute soudainement en cas de surtension afin d'absorber la puissance excédentaire.

16.6.5 Connectique des UPS

Connexions pour la communication entre l'UPS et les machines qu'il protège :

- Connecteur série (sur les anciens équipements)
- Connecteur USB pour connexions directes aux PC à protéger
- Connecteur RJ45 pour la connexion au réseau local (plusieurs machines)
- Connecteur RJ11 pour protéger les lignes téléphoniques et les boîtiers ADSL des surtensions

Logiciels

Les onduleurs sont accompagnés de logiciels qui organisent la déconnexion des PC.

- Extinction automatique au bout d'un certain temps
- ou coupure des PC retardée en fonction de l'autonomie restante des batteries

Ces logiciels prennent en charge la configuration de l'équipement et certains systèmes sont même capables d'avertir le responsable du réseau par e-mail ou par SMS en cas de panne.

17 La carte mère

17.1 Examinons une carte mère

Le circuit imprimé

La carte mère est un circuit imprimé multicouche que parcourent des centaines de pistes pour alimenter et interconnecter les connecteurs et les composants électroniques soudés sur la face supérieure de la carte.

Le circuit de carte mère est fixé au boîtier par des entretoises qui maintiennent un écart de quelques millimètres entre la face inférieure du circuit imprimé et le châssis métallique. Les positions des trous de montage sont standardisées de sorte à permettre l'installation de la carte mère dans des boîtiers de diverses origines.

Identification des composants montés à la surface de la carte-mère

- Les chips ou puces électroniques
 - Le socket muni de nombreux contacts pour y connecter le processeur
 - le système de fixation du « *ventirad* » (système de refroidissement du processeur)
 - Le chipset : composants contrôlant les signaux qui transitent sur la carte
 - Les mémoires: mémoire vive (barrettes RAM) et mémoire morte (contenant le BIOS)
- Les micro-interrupteurs ou *micro-switches* et les cavaliers ou *jumpers*.
Ils étaient nombreux sur les cartes anciennes mais tendent à disparaître sur les cartes récentes car la configuration de la carte se fait le plus souvent exclusivement par le setup du BIOS.
- Les connecteurs
 - Connexions internes au boîtier
 - Les *slots* ou connecteurs pour cartes d'extensions.
 - Connecteur(s) pour l'alimentation de la carte
 - Connexions des disques : IDE ou SATA
 - Connecteurs pour les accessoires : ventilateur, haut-parleur, bouton reset, leds.
 - Connexions vers l'extérieur
 - Port PS/2 pour souris et/ou clavier
 - Port(s) Série (COM1, COM2, COM3, COM4)
 - Port parallèle (LPT1, PRN)
 - Ports USB
 - Port IEEE1394 (firewire)
 - Connecteurs pour le son : micro, écouteurs
 - Pour l'affichage : VGA, S-Video, ...

17.2 Critères de choix d'une carte mère

Le choix de la carte mère est un compromis entre le prix que vous avez l'intention de consacrer à votre matériel informatique, les performances que vous en attendez et les possibilités de mises à niveau pour que votre *hardware* ne soit pas trop vite "obsolète".

Critères à considérer :

- le support du processeur et donc le type de processeur que vous pourrez y mettre
- le chipset qui détermine les caractéristiques du processeur, de la mémoire, la vitesse de l'AGP et les possibilités d'extensions
- le format de la carte ou facteur d'encombrement (*form factor*)
- les fonctions intégrées (carte vidéo, carte réseau, carte son ...)
- le type et nombre d'emplacements disponibles pour les barrettes RAM
- la présence d'un connecteur AGP
- le nombre de connecteurs PCI
- le nombre de ports USB ou Firewire
- le type de disques pris en charge (Ultra DMA 100/133, SATA, SCSI ...)
- le type de BIOS
- la disponibilité de la documentation
- ...

17.3 Facteur d'encombrement

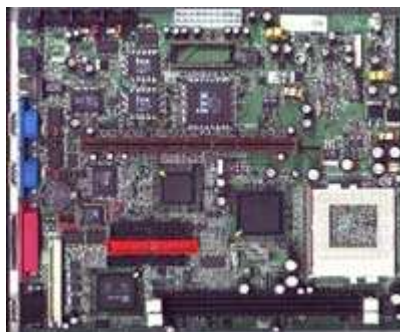
Les formats des cartes mères ont évolué au cours du temps. Ils sont caractérisés par ce qu'on appelle parfois le "facteur d'encombrement" ou "*form factor*". Il détermine les dimensions physiques de la carte et les positions des points de fixation.

17.3.1 Formats anciens

(Ne se rencontrent plus que dans de très vieux PC)

- Les formats **AT** et **AT Baby** dérivés de celui des cartes mères des premiers PC XT ont fait leur temps.
- Le format **LPX** avait été conçu pour faire des PC de bureau surbaissés. La carte mère intègre de nombreux ports mais les connecteurs d'extension sont reportés sur une carte élévatrice fixée perpendiculairement au centre de la carte mère. Les cartes d'extension se placent donc parallèlement à la carte mère. Ce format était utilisé par des PC de marques pour obtenir des PC de bureau dits "*Low profile*". Il a connu de nombreuses variantes et est aujourd'hui abandonné faute de ne pas avoir été standardisé





- Le format NLX utilise lui aussi une carte élévatrice. Ce format a des dimensions standardisées qui font que toutes les cartes de ce format sont théoriquement interchangeables. Contrairement au format LPX, c'est cette fois la carte mère qui est enfichée dans la carte élévatrice.

Généralement les cartes NLX sont montées dans des "Desktop" mais sont aussi parfois utilisées dans des tours comme le montre la figure ci-contre. La carte mère se retire facilement après avoir ôté le panneau latéral et sans même devoir déconnecter les cartes d'extension de la carte élévatrice.

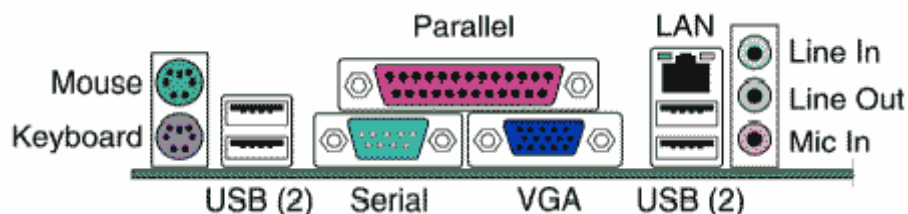


Remarquez la position des cartes d'extension, parallèles à la carte mère.

17.3.2 Formats actuels :

Le format **ATX** créé par Intel en 1995 est encore actuellement le plus utilisé, il nécessite un boîtier lui aussi de format ATX. De nombreux ports sont intégrés à la carte et les connecteurs sont regroupés à l'arrière sur deux niveaux.

Cette particularité permet d'identifier le format de la carte ATX sans même ouvrir le boîtier.



Les cartes ATX existent maintenant en quatre tailles différentes. Ce qui permet de les placer dans des boîtiers de plus en plus petit avec des alimentations elles aussi plus petites.

- L'ATX possède 7 connecteurs pour cartes d'extensions. Les dimensions de la carte sont de 12'' * 9,6'', soit 350 mm * 244 mm (1 pouce = 2,54 mm) - L'ATX mini sont moins encombrantes (11,2'' * 8,2'' = 284 * 208 mm) mais possèdent 6 connecteurs d'extension

- L'**ATX micro** de dimensions plus réduites encore (9,6'' * 9,6'' soit 244 mm * 244 mm) ont moins de connecteurs d'extension mais peuvent être placés dans des mini tours.



- L'**ATX Flex** est encore moins encombrante 9.0''x 7,5'' soit 229 x 191mm. Les emplacements des points des fixations sont standardisés si bien que toutes ces cartes ATX peuvent être placées dans un boîtier ATX de taille normale.

17.3.3 Format BTX

Le facteur d'encombrement **BTX** "*Balanced Technology Extended*" annoncé par Intel en 2004 aurait dû remplacer l'ATX depuis quelques années déjà.

La disposition des composants de la carte mère y est étudiée pour avoir un meilleur refroidissement avec un seul ventilateur. Ils sont alignés de sorte à réduire les turbulences de l'air afin de limiter le bruit.

Finalement, l'arrivée des processeurs multi cœurs a fait que l'élévation de température a été moins forte que prévue, et le passage au format BTX n'aura pas lieu.

Différentes dimensions sont prévues avec plus ou moins de connecteurs d'extension sans que ne change la disposition du cœur de la carte.

17.3.4 Liens

Quelques constructeurs

[Abit](#) [Aopen](#) [Asus](#) [ECS](#) [Giga-Byte](#) [Intel](#) [MSI](#)

Sites

Une série de liens vers des tests et comparatifs sur [Tom's Hardware](#)

Autres pages dédiées aux cartes mères

<http://www.motherboards.org/>

<http://www.choixpc.com/cartemer.htm>

[How Motherboards Work](#) <http://www.computer.howstuffworks.com/motherboard.htm>

18 Le processeur

Le processeur ou microprocesseur est aussi appelé CPU *Central Processing Unit* l'unité centrale de traitement. C'est le « cerveau » de l'ordinateur, il interprète et exécute les programmes. Il fournit au système d'exploitation des dispositifs tels que le mécanisme d'interruption ou des registres spécialisés pour l'adressage et la gestion de la mémoire virtuelle. C'est aussi l'élément qui, comparé aux autres composants électroniques du PC, est le plus coûteux et dont les performances évoluent le plus.

La description de l'architecture interne des CPU, son principe de fonctionnement ainsi que les techniques utilisées pour améliorer l'architecture interne sont des sujets qui ont été abordés dans le cours de technologie des ordinateurs⁸.

Nous parlerons plus spécialement dans ce chapitre des boîtiers, des sockets, des différentes générations de processeurs et de leur nomenclature.

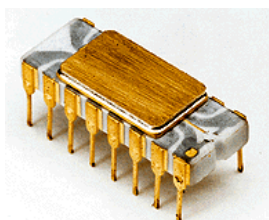


Figure 94
Intel 4004

Le premier microprocesseur, le 4004 a été fabriqué en 1971. Ses successeurs le 8080 d'Intel, le 6800 de Motorola, le Z80 de Zilog puis tous les autres ont ouvert l'aire de ce qu'on appelait la microinformatique. Les fabricants de microprocesseurs et d'ordinateurs étaient relativement nombreux et à cette époque ceux qui utilisaient ces ordinateurs étaient des passionnés d'électronique et de programmation.

Cette micro-informatique ne fut réellement prise au sérieux et passa dans le monde professionnel quand en 1981, lorsque IBM développa son premier « *Personal Computer* » à partir du 8088 d'Intel.

Depuis, la puissance de calcul des microprocesseurs double presque tous les deux ans comme l'avait prédit un certain Gordon Moore l'un des fondateurs d'Intel. Les autres composants de nos ordinateurs tentent de suivre cette progression incessante mais sans vraiment y parvenir.

18.1 Le boîtier du CPU

Il n'est que l'apparence externe, l'habillage (*packaging*) du processeur. Le boîtier abrite la puce extrêmement fine et fragile et dont la surface est actuellement de l'ordre de 1 cm². Hormis de rares exceptions, la puce n'est jamais directement placée sur la carte mère. Elle est protégée par un boîtier qui la protège, dissipe la chaleur et fournit le brochage dont la disposition est standardisée.

Les processeurs ont évolué ne fut-ce qu'en apparence. Ils ont toujours plus de contacts pour s'adapter au nombre croissant de signaux que le processeur échange avec son entourage. Le dispositif pour le refroidir, inutile sur les premiers processeurs, est devenu de plus en plus encombrant et même bruyant.



Figure 95 – 8085 en Boîtier céramique DIP 40 broches

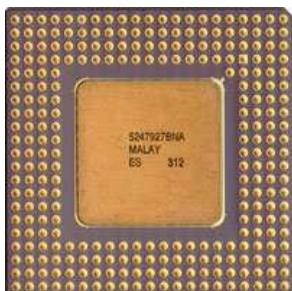


Figure 96
Brochage PGA

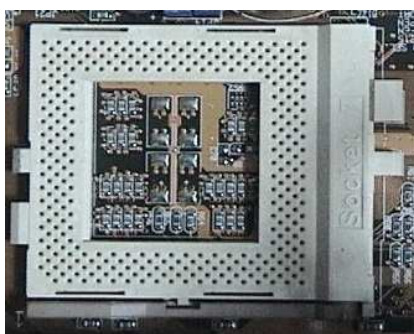


Figure 97- Socket 7

Les microprocesseurs qui équipaient les premiers PC, étaient montés dans des boîtiers DIP *dual inline package* de 40 broches. Ils avaient l'allure de circuits intégrés classiques avec une rangée de contacts de part et d'autre du boîtier.

Quand le nombre de contacts a augmenté, la forme des boîtiers est devenue carrée et les constructeurs ont placé les contacts dans une disposition quadrillée. Cela a donné les connecteurs dits PGA pour *Pin Grid Array* (matrice à grille de broche). Il a finalement dû être nécessaire de placer les contacts en quinconce pour pouvoir en disposer plus sur une même surface. On parle alors de SPGA pour *Staggered Pin Grid Array* (matrice à grille de contacts en quinconce).

Les connecteurs sont marqués par un numéro ou un code qui permet de déterminer quels types de processeurs ils peuvent recevoir. Exemple : l'embase SPGA portant la mention « Socket 7 » est conçue pour recevoir aussi bien le Pentium I de Intel que l'AMD K5/K6 ou le Cyrix M1/II.

A l'époque du Pentium II, pour installer la mémoire cache le plus près possible du processeur on a pendant un temps placé le processeur et la mémoire cache dite « externe » dans des cartouches. Ces dernières étaient insérées dans un connecteur appelé *Slot* (fente) comparable aux connecteurs des cartes d'extension. C'était le « Slot A » pour l'AMD Athlon SECC (*Single Edge Contact Cartridge* = cartouche à contacts sur un seul bord) ou le « Slots 1 » pour le Pentium II de Intel, les premiers Pentium III ou le Celeron SECC

18.2 Les sockets

Dès que la technologie a permis d'intégrer la mémoire cache de niveau 2 à la puce du processeur les supports de processeur ont repris la forme d'embases carrées, les *sockets*. Chaque constructeur a désormais les siens. Il n'est plus question de mettre un processeur AMD sur une carte prévue pour Intel.

Voici les supports de processeur que l'on trouve sur les cartes mères actuelles :

- Le socket 370 qui possède 370 contacts en quinconce pour recevoir un Pentium III.
- Le Socket 462 souvent appelé Socket A est destiné aux Athlon et Duron d'AMD
- Le socket 423 a été le premier type de socket pour Pentium 4, il a été remplacé en 2001 par socket 478 lui aussi en fin de carrière

- Le socket LGA 775 existe depuis 2004 et reçoit aussi bien les Pentium 4 que les Pentium D (Dual Core) ou les Core 2 Duo les plus récents
- Du côté d'AMD, les Athlon 64 se trouvent en version socket 754 et 939
- Le socket AM2 (940 broches) convient aux derniers processeurs d'AMD : Sempron, Athlon 64 ou Athlon 64 FX. Il est le seul socket AMD pouvant être utilisé avec des barrettes DDR2

18.3 Générations et familles de processeurs

Par famille de processeur nous désignerons les processeurs qui ne diffèrent que par la vitesse tout en utilisant la même architecture.

18.3.1 Première génération

Les processeurs de la première génération avaient un fonctionnement relativement simple comparé aux processeurs actuels. Ils fonctionnaient à la même fréquence que le bus et que l'ensemble des autres composants.

Le tout premier chip utilisé dans les PC était l'Intel 8088 (juin 1979). Ce microprocesseur avait des registres de 16 bits mais son bus de données n'avait qu'une largeur de 8 bits. Il n'était pas, au moment où il a été choisi, le meilleur processeur disponible. Intel possédait le 8086 plus performant puisqu'il avait un bus de donnée de 16 bits. Cependant, tous les composants de l'époque étaient conçus pour s'interfacer avec un bus 8 bits et la fabrication de cartes mères équipées d'un bus 16 bits coûtait donc beaucoup plus cher. (Le 8088 était en quelque sorte un 8086SX). Au départ, le 8088 était cadencé à 4,77 MHz puis il y eut une version « turbo » à 8MHz.

Initialement fabriqué par Intel, il l'était aussi par d'autres constructeurs pour s'appeler AMD 8088 ou NEC V20. On trouvait même des 8088 estampillés par des marques européennes telles que Siemens. Le circuit intégré comportait 29.000 transistors et était alimenté en 5V. La carte mère comportait un emplacement pour y mettre un coprocesseur arithmétique capable de faire des opérations en virgule flottante car l'unité arithmétique et logique du 8086/8088 ne pouvait traiter que des nombres entiers. Aucun système de refroidissement n'était nécessaire.

18.3.2 Seconde génération

La génération suivante est apparue avec le 80286 d'Intel. C'est l'époque des PC/AT. Ils ont un bus de données de 16 bits et le nombre de lignes d'adresses est passé à 24, ce qui permet d'étendre la mémoire à 16 Mo. Ils avaient un jeu d'instruction compatible avec le 8086/8088 mais d'une architecture complètement nouvelle de sorte que leurs performances étaient doublées par rapport au 8088, même en étant cadencé à la même fréquence.

Les premiers 286 tournaient à 6 ou 8 MHz, les dernières versions ont été jusqu'à 20 MHz.

La principale nouveauté de ce processeur est qu'il a deux modes de fonctionnement. Le *mode réel* et le *mode protégé*. En mode réel, il se comporte comme un 8086 qui ne peut adresser que le premier méga octet tandis qu'en mode protégé les 16 Mo deviennent accessibles. C'est le premier microprocesseur à être conçu pour, en collaboration avec un système d'exploitation approprié, permettre le multitâche. Chaque application fonctionne comme si elle avait sa propre mémoire dont les accès lui sont exclusivement réservés.

Le DOS était malheureusement à cette époque le principal système d'exploitation ce qui a limité le rôle de cette nouvelle architecture.

18.3.3 Troisième génération

Le 80386 est le premier microprocesseur 32 bits d'Intel.

Il est optimisé pour les systèmes d'exploitation multitâches tels que Windows NT ou OS/2. Il est bien sûr compatible avec le 8086/8088 puisqu'il doit encore pouvoir exécuter les applications développées pour MS-DOS. C'est dans cette optique qu'Intel a ajouté le mode « réel virtuel » aux modes réel et protégé. Ce nouveau mode permet l'exécution en parallèle de plusieurs sessions qui simulent le mode réel. Il est dès lors possible de faire tourner simultanément plusieurs applications DOS dans des zones protégées. Même si ces applications conçues pour le mode réel se bloquaient, elles ne pourraient plus "planter" le système.

Le 386DX était capable d'adresser 4Go de mémoire physique mais était équipé d'un gestionnaire de mémoire virtuelle (MMU) qui donne aux applications l'impression qu'elles ont accès à 64 To. (64×10^{12} octets). Les 386DX de Intel étaient disponibles aux fréquences allant de 16 à 33 MHz. AMD et Cyrix ont construit des clones tournant à 33 et 40 MHz.

Le 386SX est une version « allégée » mise au point trois ans plus tard pour vendre des 386 au prix des 286. Le 386SX avait de meilleures performances mais comme le 80286 son bus de données était limité à 16 bits et il ne possédait que 24 lignes d'adresses.

18.3.4 Quatrième génération

La famille nombreuse des 486 commence avec le **486DX**.

Les performances ont plus que doublé si on compare le 486 aux 386 pour une même fréquence. Cette fois le gain de performance n'est pas dû à un élargissement de l'un des bus mais à des modifications internes :

- des instructions exécutées plus rapidement
- un pipeline plus profond et donc plus d'instructions simultanées
- l'intégration dans le processeur d'une mémoire cache de niveau 1
- l'intégration d'une unité arithmétique en virgule flottante
- l'accès à la mémoire en mode rafale « *burst mode* »

Le coprocesseur étant directement intégré dans la même puce, il n'y a jamais eu de 487DX.

Le **486 SX** est la version allégée, sans coprocesseur arithmétique et avec des bus d'adresse et de donnée moins larges que ceux du 486 DX. Intel a à cette occasion eu une démarche assez curieuse, le 486SX contenait bien un coprocesseur mathématique mais son fonctionnement était tout simplement empêché. Cet artifice leur permettait de vendre des processeurs au grand public tout en gardant un prix élevé pour ceux qui voulaient un processeur haut de gamme.

Plus incroyable encore, il existait un coprocesseur mathématique 80487SX à placer à côté du 486SX mais qui n'était rien d'autre qu'un 486DX. Une fois placé sur son support ce soi-disant coprocesseur mettait hors service le 486SX et prenait toutes les instructions en charge.

Le **486DX2** est le premier processeur à utiliser une fréquence interne (66MHz) supérieure à celle du bus de la carte mère (33 MHz). La chose est courante maintenant, une carte mère dont le bus tourne à une fréquence donnée peut recevoir des processeurs qui tournent à une fréquence multiple de celle du bus système. La différence est qu'à l'époque la multiplication

de la fréquence était interne au processeur ; il suffisait de remplacer un 486DX par un 486DX2 sans devoir ajuster des dip-switches ou reconfigurer le setup du BIOS.

AMD et Cyrix développèrent un peu plus tard des 486DX2-80 tournant à 80MHz avec un bus système à 40 MHz et qui furent très populaires.

Ces processeurs furent les premiers à avoir réellement besoin d'un ventilateur pour pouvoir fonctionner de manière fiable.

Le 486DX4 tournait à une fréquence triple (et non pas quadruple) de celle du bus système. Il était alimenté en 3,3 V au lieu du 5V habituel. Une version spéciale l'Overdrive DX4 était équipée d'un régulateur de tension qui permettait d'adapter ces Overdrive486DX sur d'anciennes cartes mères. A la même époque Intel produisait ses premiers Pentium.

18.3.5 Cinquième génération

Au lieu de les appeler 80586, Intel donna à ses processeurs de la cinquième génération le nom de **Pentium**. Ce nom étant déposé, AMD et Cyrix ne peuvent plus l'utiliser pour vendre des clones sous la même appellation.

- La principale caractéristique du Pentium est d'avoir un double pipeline ce qui permet à un Pentium d'exécuter deux fois plus d'instructions qu'un 486 qui tourne à la même fréquence.
- Un mécanisme de prédiction des branchements permet aux pipelines de fonctionner de manière optimale.
- La mémoire cache interne est partagée en deux parties de 8Ko, une partie est réservée aux données, l'autre aux instructions.
- Le bus de donnée a désormais 64 bits de large même si les registres internes restent de 32 bits.

Le Pentium a aussi été le premier CPU spécialement conçu pour fonctionner avec un bus PCI

Les premiers Pentium utilisent trois types de socket: Socket 4 pour les Pentium 60 et 66, Socket 5 ou 7 pour les P75 à P150, Socket 7 pour les Pentium 166 à 200.

Les **Pentium Overdrive** sont des versions spéciales qui s'adaptent à des cartes mères plus anciennes.

Le **Pentium MMX** est une amélioration du Pentium classique principalement optimisée pour le multimédia. Il dispose de 57 instructions supplémentaires et a la particularité de pouvoir traiter plusieurs données en parallèle.

Le Pentium MMX se place dans un socket 7 mais doit nécessairement être alimenté en 3,3V ce qui n'est pas toujours le cas des cartes mères équipées de socket 7.

18.3.6 Sixième génération

Intel Pentium Pro

Introduit en 1995, le Pentium Pro fonctionne de manière très différente de ses prédécesseurs. Il décompose ses instructions en micro-instructions semblables à celles des processeurs RISC (*Reduced Instruction Set Computer*).



Figure 98 – Pentium Pro
Première tentative d'inclure la cache de niveau 2 au boîtier du processeur

Le gain en performance comparé au Pentium classique est d'environ 50%. D'autres avancées techniques y contribuent :

- des pipelines plus longs, en 14 étapes au lieu de 5
- L'intégration de la cache de niveau 2 de 256Ko, 512 Ko ou 1 Mo intégrée au boîtier du microprocesseur. Les échanges avec cette cache se font à la fréquence du processeur, bien plus rapidement donc que lorsqu'il fallait emprunter le bus mémoire de la carte mère.
- Optimisation pour les programmes 32 bits tels que Windows NT.
- Un bus d'adressage de 36 bits
- L'analyse du flux de données : la possibilité d'exécuter les micro-instructions dans un ordre différent que celui qui est initialement prévu pour optimiser l'utilisation des unités d'exécutions.

Pentium II

Le Pentium II est le second processeur de la sixième génération.

Plutôt que d'intégrer la cache L2 (*Level 2 = niveau 2*) au boîtier, Intel a préféré disposer le processeur et la mémoire cache sur un circuit imprimé. Cette mémoire cache ne fonctionne pas à la fréquence du processeur comme dans le Pentium Pro mais elle reste supérieure à celle qui est obtenue sans l'architecture à deux bus indépendants, quand la mémoire cache est placée sur la carte mère. Le circuit imprimé où sont fixés le processeur et la mémoire cache est scellé dans une cartouche SECC (*Single Edge Contact Cartridge*) à enficher dans un slot de la carte mère : le "Slot One".

La taille de la cache de niveau 1 a doublé par rapport à celle du Pentium Pro. Elle est de 32 Ko. Le Pentium II reprend en outre les 57 instructions MMX déjà utilisées sur le Pentium MMX de la génération précédente.

Le Celeron

Le Celeron est prévu pour les PC bon marché. C'est initialement un Pentium II dont la mémoire cache de niveau 2 a une taille réduite à 128 Ko au lieu de 512 Ko pour le Pentium II. L'efficacité de la mémoire cache est cependant améliorée puisque cette dernière travaille à la fréquence du processeur comme dans le Pentium PRO. Finalement les performances sont supérieures à celles du Pentium II pour un coût moindre.

Initialement construits à partir du noyau d'un Pentium II, le Celeron a ensuite été fondée sur le noyau du Pentium III. La différence se situe toujours au niveau de la cache L2.

Le Celeron se présentait au départ sous la forme d'une carte à insérer dans un Slot 1 sauf que cette carte n'était pas comme pour le Pentium refermée dans un boîtier. Le but était là aussi la diminution des coûts de production.

Le Slot 1 a été remplacé en l'an 2000 par des sockets 370. Les Celeron et Pentium III se sont alors adaptés à ce nouveau support.

Nous reparlerons encore de Celeron pour d'autres générations de processeurs Intel. Il s'agit toujours de processeurs avec une cache moindre de manière à diminuer le coût tout en étant basé sur un noyau comparable à celui des Pentium de même génération.

Le Pentium III

La principale caractéristique par rapport au Pentium II est l'apparition de 70 instructions SSE (*Streaming SIMD Extensions*) (SIMD signifie *Single Instruction Multiple Data*) Ces instructions sont une mise à jour de MMX destinés aux traitements des images, des sons et de la vidéo. Ces instructions permettent notamment de faire du décodage MPEG2 sans décodeur supplémentaire.

Les premiers processeurs Pentium III se présentaient en 1999 sous forme de cartouches à insérer dans un Slot 1 mais la plupart sont conditionnés dans un boîtier à placer sur un socket 370.

Suivant la version de processeur, la mémoire cache de niveau 2 est de 512 Ko et tourne à une fréquence moitié moindre que celle du processeur ou à une taille de 256 Ko mais tourne alors à la même fréquence que le noyau.

C'est aussi depuis le Pentium III que les processeurs d'Intel possèdent un numéro de série qui peut être reconnu par les logiciels pour identifier l'ordinateur. « *Big brother is watching you !* »

Le Xeon

Le terme Xeon, comme c'est le cas pour le Celeron, fait référence à une variété particulière des processeurs Pentium. Intel appelle Celeron ses processeurs d'entrée de gamme. Xeon est la dénomination des processeurs destinés aux serveurs et aux stations de travail haut de gamme.

Ces processeurs se distinguent par des mémoires caches à la fois plus grandes et plus rapides. Ils tournent à des fréquences plus élevées que les autres processeurs de la même génération.

18.3.7 Processeurs AMD de la sixième génération

AMD K6 (NX686)

Conçu par la société NexGen juste avant son rachat par AMD, l'AMD K6 est destiné au socket 7 utilisé par Intel pour les processeurs de la cinquième génération. Comme pour tous les processeurs de la sixième génération, les instructions sont converties en instruction RISC.

L'AMD K6 a été produit entre 1997 et 2001 en versions successives K6, K6-2 et k6-III

Athlon & Duron

Apparu en 1999 dans une cartouche "Slot A", semblable à la "Slot 1" de Intel. La mémoire cache de niveau 2 avait une taille de 512 Ko mais fonctionnait à une vitesse deux ou trois fois moindre que celle du processeur.

En 2000, AMD parvient à intégrer la cache la mémoire dans le boîtier du processeur, la cache L2 n'est plus que de 256 Ko mais elle fonctionne désormais à la même vitesse que le CPU. Cela donne l'Athlon Thunderbird pour socket A (socket 462) ou une version Duron moins coûteuse car équipée d'une cache L2 réduite à 64 Ko.

18.3.8 Septième génération des processeurs Intel

Le Pentium 4 NetBurst

Présenté en novembre 2000 : gravure 0,18 μ m – FSB 400 MHz - 42 million de transistors

en 2002 : gravure de 0,13 μ m – FSB 533 MHz et apparition de l'hyperthreading

L'avancée technologique qui marque cette septième génération a été baptisée "*micro-architecture NetBurst*". Elle regroupe un certain nombre d'innovations principalement destinées à traiter toujours plus de données à une fréquence toujours plus élevée :

- L'*hyperpiling* : Le pipeline est subdivisé en un grand nombre d'étapes de sorte que chacune soit plus simple et puisse s'exécuter à une fréquence plus élevée. Le pipeline du Pentium 4 Willamette compte 20 étapes, 21 pour le Northwood et 32 pour le Prescott (2004).
- Un moteur d'exécution rapide : les deux unités arithmétiques et logiques fonctionnent à une fréquence double de celle du noyau.
- Un cache trace d'exécution capable de conserver la trace de 12000 micro-instructions après leur décodage à partir des instructions classiques des processeurs précédents. Les micro-instructions RISC peuvent être exécutées dans le désordre pour maintenir une activité maximale des unités d'exécution.
- La mémoire cache L2 a une taille de 512 Ko pour les processeurs P4 dont la fréquence est inférieure à 2 GHz (1Mo pour les processeurs suivants les Pentium 4E présentés en février 2004.)
- 144 nouvelles instructions (SSE2) principalement pour les applications multimédias
- Le bus système cadencé à 400 ou 533 MHz et d'une largeur de 8 octets fournit une bande passante de 3,2 ou 4,266 Go/s
- Les Pentium 4 cadencés à plus de 3,06 GHz supportent la technologie *hyper-threading* qui améliore les performances de 15 à 30% tout en n'accroissant la surface de la puce que de 5%.



Pentium 4EE

L'appellation "*Extreme Edition*" est apparue en 2003. Les Pentium 4 EE étaient alors principalement destinés aux joueurs qui n'hésitent pas à mettre le prix pour avoir une machine très performante et qui à l'époque se seraient laissé tenter par les processeurs 64 bits AMD. Intel ajoutait au Pentium 4 une mémoire cache de niveau 3 et d'une taille de 2 Mo en attendant de passer aux 64 bits.

18.4 Huitième génération : la mobilité

18.4.1 Pentium M

Présenté en mars 2003, gravure 0,13 μ m, FSB 400 MHz

L'amélioration des performances en augmentant toujours plus la fréquence conduit à une impasse. Les processeurs consomment toujours plus d'énergie et les systèmes de refroidissement sont de plus en plus imposants. Les processeurs Intel à pipeline long développés pour les portables et basé sur la technologie « Netburst » se révèlent moins performants en 2003 que certains Pentium III. Le Pentium M se base donc sur l'architecture du Pentium III en y accommodant quelques nouveautés du Pentium 4 : le bus "*quad pumped*", le système de prédiction de branchements et les instructions SSE2. Les Pentium M sont cadencés à une fréquence moindre que celles des Pentium 4 mais ils ont en général une mémoire cache plus importante ce qui l'un dans l'autre donne d'excellentes performances ; si

bien que les Pentium M ne s'utilisent plus seulement dans les portables mais aussi dans certains PC de bureau.

18.4.2 Celeron M



Le Celeron M est une variante du Pentium M destinée aux portables bon marché. Le faible coût se justifie par une mémoire cache deux fois moindre (il s'agirait d'une cache de 1 Mo dont la moitié est rendue inactive) La technologie d'économie d'énergie « *Enhanced Speedstep* » y est absente ce qui réduit l'autonomie de ces portables bas de gamme.

18.4.3 Processeurs 64 bits

Les processeurs 64 bits ont trouvé leurs domaines d'application en 2004 dans les serveurs d'abord. L'Opteron de AMD et le Xeon EM64T de Intel travaillent aussi bien en 32 bits qu'en 64 bits de sorte que la transition pourra se faire en douceur sans migration logicielle coûteuse.

Les éditeurs de logiciels ne s'empressent pas d'écrire leurs programmes pour des processeurs 64 bits et les logiciels existants, compilés pour des processeurs 32 bits, doivent pouvoir tourner sur les nouveaux processeurs sans devoir être recompilés. Cette compatibilité peut être obtenue de deux manières : soit l'émulation d'un processeur 32 bits par un processeur 64 bit, soit la compatibilité totale de processeurs 64 bits avec les instructions 32 bits. Les programmes 32 bits ne s'exécuteront pas plus vite sur les processeurs 64 bits que sur les processeurs 32 bits. Les applications 64 bits par contre tourneront deux fois plus vite.

Un des avantages des processeurs 64 bits est qu'ils peuvent avec un bus d'adressage de 40 ou de 42 bits adresser 1 Tera octet ($=2^{40}$) ou 16 To ($=2^{42}$) au lieu de 4 Go (2^{32}). Cette faculté n'intéresse pour l'instant que les serveurs qui ont réellement besoin d'autant de mémoire.

18.4.4 Pentium 4F

Incorporation des extensions 64 bits au cœur du Pentium 4E (Prescott) En fait, cette fonctionnalité était déjà prévue dans le Pentium 4E mais elle n'était pas encore activée car pas encore complètement au point.

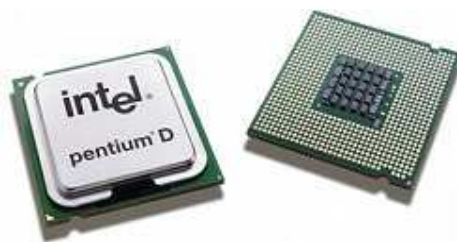
« *Dual core* »

Le double cœur fait son apparition. Les multi cœurs promettent la multiplication des performances en arrêtant la surenchère des fréquences. Il y aurait de ce point de vue une barrière de 4 GHz qui semble infranchissable.

18.4.5 Pentium D

Présentés fin avril 2005, le Pentium D est la réunion de deux Pentium 4 sans HT, deux « cœurs » sur le même support LGA775. Chaque cœur dispose d'une cache de niveau 2 qui lui est propre. Les deux cœurs sont gravés sur des dies distincts mais cela ne se remarque pas car l'ensemble est recouvert par une plaque protectrice. Ils peuvent cependant s'échanger les données qu'ils possèdent dans leurs caches L2 respectives en passant par le FSB qui sans cela serait déjà sollicité deux fois de plus qu'à l'ordinaire puisque ce même bus sert maintenant à deux processeurs.





18.4.6 Pentium Extreme Edition

Ce processeur au prix démesuré possède deux cœurs comme le Pentium D avec l'hyper-threading en sus ce qui donne donc 4 processeurs logiques.



18.4.7 Core Duo

Présenté en janvier 2006 – Gravure de 65 nm – FSB 166 MHz Quad pumped = 5,3 Go/s

Le Core Duo, nom de code Yonah, est la variante double cœur du Pentium M. Contrairement au Pentium D, le Core Duo n'intègre pas les extensions EM64T. Les deux cœurs sont gravés sur un même die de 90 mm². La mémoire cache L2 est commune aux deux cœurs afin d'éviter la duplication des données. La quantité de cache attribuée à chaque cœur est allouée dynamiquement en fonction de leurs besoins.

Ce processeur annonce l'arrivée d'une nouvelle génération de processeurs chez Intel, le nom « Pentium » sera abandonné pour laisser place aux « Core »

Et la suite ?

L'évolution est telle que ces notes de cours ne cesseront jamais de devoir être remises à jour. Les nouveautés se succèdent avec malheureusement parfois plus d'annonces commerciales que d'explications réellement techniques. Il faut dire que le sujet devient de plus en plus complexe et il y a fort à parier que les commerciaux qui rédigent les articles de nos revues et des sites mêmes officiels soient loin de comprendre eux-mêmes ce que concoctent les ingénieurs de développement de ces processeurs.

La suite de ce chapitre consacré aux générations de processeurs s'achève donc par une série de liens vers les documents Intel pour une liste de processeurs qui ne sera définitivement jamais exhaustive.

Le [Core™ 2 Duo](#) a été suivi par le [Core™ 2 Quad](#) suivi à son tour par un [Core™ 2 Extreme](#) à 2 ou 4 cœurs.

18.4.8 Core i3, i5 et i7 première et seconde génération

Les processeurs [Intel® Core™ i3](#), [Core i5](#) et [Core i7](#) ainsi que l' [Intel Core i7 Extreme Edition](#) font déjà partie des [processeurs de précédentes générations](#).

Vous devriez trouver à cette adresse <http://ark.intel.com/fr> les informations sur les processeurs actuels chez Intel pour PC de bureau dont les secondes générations des [Core i3](#), [Core i5](#), [Core i7](#) et [Core i7 Extreme](#)

18.5 Nomenclature et numérotation des processeurs

Jusqu'il y a peu, la fréquence était pratiquement la seule caractéristique prise en compte pour la numérotation des processeurs. On appelait « Pentium 100 » les Pentium I cadencé à 100 MHz et « Pentium III 800 » les Pentium III tournant à 800 MHz.

L'architecture des processeurs AMD étant différente, les processeurs AMD recevaient des numéros du type « *performance rating* » et destinés à suggérer la comparaison aux processeurs d'Intel.

Les numéros établis par Intel reflètent un ensemble de caractéristiques telles que la taille de la cache, sa fréquence, celle du bus principal, ou des technologies particulières (Hyperthreading, SpeedStep, EM64T, ...) Ce numéro diffère aussi parfois selon la taille de la gravure ou la puissance électrique dissipée.

Voir à ce sujet : http://www.intel.com/products/processor_number/fra/index.htm

On désigne donc à présent les processeurs Intel en indiquant sa famille (Core, Pentium, Celeron, Xeon ou Itanium) suivie d'un numéro de 3 ou 4 chiffres.

Exemples Celeron D 310, 320 ... (série 3xx)
 Celeron M 310, 320, ... (3xx)
 Celeron M 4xx
 Pentium D 8xx (2*1Mo de cache L2) ou 9xx (2*2Mo de cache L2)
 Pentium Extreme Edition 840, 955, 965
 Pentium M 7xx
 Xeon 30xx, 50xx ou 70xx
 Xeon quatre cœurs X53xx ou E53xx

D'une manière générale, les premiers chiffres donnent une idée du modèle ; les deux derniers chiffres sont d'autant plus importants que les performances sont meilleures (fréquence, taille de la cache, présence ou non de la technologie HT, nombre de cœurs etc.)

19 Le bus

19.1 Bus et transports en commun

Un bus est une voie de communication, formée d'un ou plusieurs conducteurs, sur laquelle sont disposées plusieurs connexions. Tout comme les passagers des transports en commun qui vont d'un arrêt à l'autre, les données transitent d'une connexion à l'autre en empruntant les mêmes lignes. L'analogie au transport en commun s'arrête là puisque contrairement aux passagers qui voyagent simultanément dans un autobus, les données s'expédient regroupées en paquets qui pour partager le même bus circulent seuls et se succèdent dans le temps.

Ce concept de "bus" trouve son application aussi bien dans l'unité centrale (bus système, bus d'extension) que pour les connexions vers les périphériques (bus SCSI, USB, FireWire) ou au niveau des topologies de réseaux.

A chaque type de bus correspond un protocole. C'est un mode d'emploi, un ensemble de conventions que doivent respecter les équipements interconnectés. Ces règles stipulent par exemple la façon de transmettre les demandes, les adresses et les données, la manière de gérer les conflits, de contrôler et de signaler les erreurs etc.

19.2 Le rôle du bus de la carte mère

Nous savons que le processeur est relié aux autres éléments de la carte mère et aux cartes d'extension au moyen de lignes où les informations circulent pour passer d'un composant à l'autre. Ces lignes forment ce qu'on appelle les bus.

Nous avons, lors de l'étude du schéma bloc d'un ordinateur, distingué le *bus de donnée* du *bus d'adressage* et du *bus de contrôle*. Cette distinction nous a permis de discerner les catégories d'informations qui circulent entre les différents composants du PC.

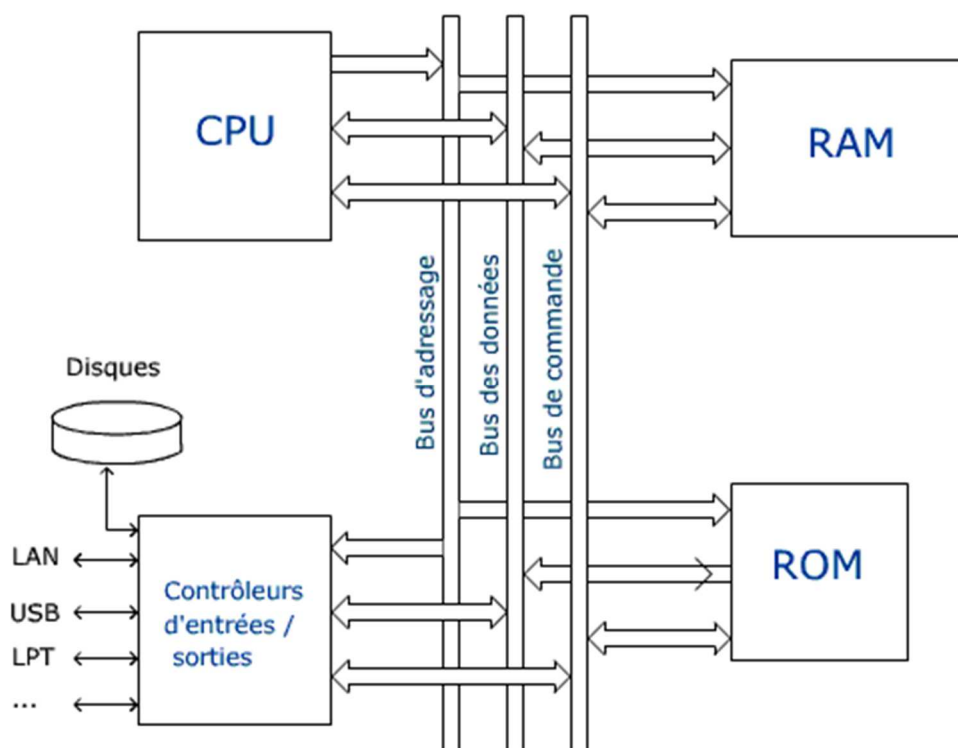


Figure 99

Le schéma précédent peut se représenter plus simplement, si on omet de distinguer la nature des signaux échangés (données, adresses et signaux de contrôle) ; voir ci-contre :

Cette représentation convient pour représenter les échanges entre les microprocesseurs les plus anciens avec la mémoire et les unités d'entrées / sorties. Tous les composants du système étaient cadencés à la même fréquence, celle du CPU. Ainsi le bus des premiers PC-XT fonctionnait à une fréquence de 4,77 MHz.

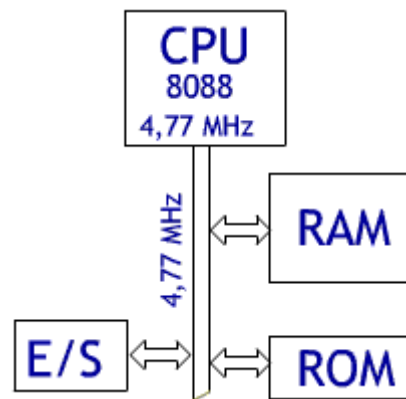


Figure 100

19.3 La bande passante

La bande passante, aussi appelée **taux de transfert**, est le débit maximum des données. Elle s'exprime en méga octets par seconde (Mo/s).

Bande passante (en Mo/s) = **largeur du bus** (en octets) x **fréquence** (en MHz)

Cette formule prend en compte les deux manières d'accroître la bande passante :

1. Élargir la voie de circulation pour permettre le déplacement de plus de bits en parallèle. Plus le bus est large et plus le nombre de bits envoyés chaque cycle est important.
2. Accélérer la cadence des échanges. Elle se compte en cycles par seconde. C'est la fréquence, elle s'exprime en Hertz (Hz).

Remarquez que les unités se vérifient : le résultat en Méga octets par seconde est bien le produit d'un nombre d'octets par une fréquence (nombre de fois par seconde) $1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$

$$\frac{\text{Méga octets}}{\text{seconde}} = \text{octets} \times \text{Méga Hertz}$$

Exemples :

- Le bus PCI a une largeur de 32 bits. Sa fréquence est de 33MHz (33,33 soit 100/3 très exactement).
N'oublions pas d'exprimer la largeur en octets et non pas en nombre de bits. Cela fait dans ce cas une largeur de 4 octets ($4 \times 8 = 32$)
Ce qui donne : $4 \text{ octets} \times 33,33 \text{ MHz} = 133 \text{ Mo/s}$
- Dans le cas d'une barrette RAM DDR400, les échanges sur le bus mémoire se font à une fréquence de 400 MHz. Les barrettes mémoires ont toutes actuellement une largeur de 64 bits c'est à dire 8 octets.
La bande passante est donc de $400 \text{ MHz} \times 8 \text{ octets} = 3200 \text{ Mo/s}$
Les étiquettes sur ce type de barrette mémoire portent indifféremment l'inscription « DDR400 » ou « PC3200 » suivant ce que le constructeur a voulu y indiquer : la fréquence ou la bande passante.

19.4 L'architecture multi-bus

La vitesse des processeurs n'a cessé d'augmenter durant les 20 premières années de PC⁹, celle des mémoires dans une moindre mesure et, au regard de cette évolution, la vitesse des circuits d'entrées/sorties change relativement peu. Cette différenciation des vitesses s'est marquée progressivement et l'architecture des bus a dû s'adapter pour que les communications entre les composants restent possibles.

C'est d'abord la fréquence du processeur et des mémoires qui a progressivement augmenté. La vitesse des unités d'entrées/sorties restait par contre limitée à 8 MHz. Il a donc fallu trouver un procédé pour que les voies d'accès aux mémoires soient plus rapides que celles qui mènent aux périphériques.

Le bus système tournait à la vitesse du processeur. Sa fréquence convenait aux mémoires mais les signaux devaient être temporisés par un "pont" (*bridge*) pour en adapter la cadence aux périphériques plus lents et sur un bus plus étroit.

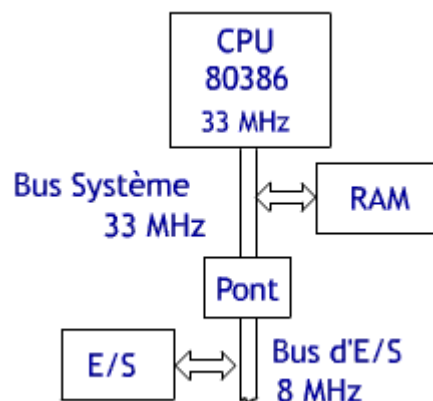


Figure 101

La vitesse des processeurs augmenta encore. Le 486DX2 fonctionnait en interne à une fréquence double de celle du bus système. Le doubleur de fréquence interne au processeur permettait de mettre à niveau des ordinateurs existants en changeant simplement de processeur tout en conservant une architecture peu coûteuse pour la carte mère. La mémoire cache interne au processeur devenait alors indispensable.

La vitesse des différents composants augmente sans cesse (même en ce qui concerne les circuits d'E/S) mais l'évolution est toujours plus nette pour les processeurs que pour les mémoires.

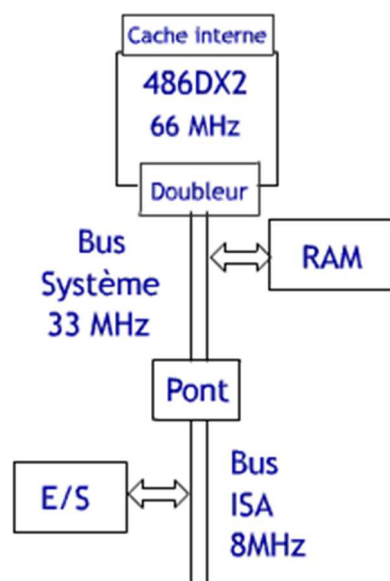


Figure 102

Les premiers Pentium avaient une cache interne de 16 ou 32 ko dite de niveau 1 (*Level 1*). Il était possible de leur adjoindre une barrette de 1 Mo de mémoire cache de second niveau (*Level 2*), appelée cache externe puisque contrairement à la cache L1, elle n'était pas montée sur la même puce que le processeur.

C'est lors de la fabrication du Pentium Pro, qu'eurent lieu les premières tentatives d'intégrer la cache L2 à la puce du processeur. La communication avec la cache L2 et celle avec la RAM

⁹ Cette augmentation de la fréquence des processeurs a trouvé une limite en approchant 3 à 4 GHz. On repousse à présent les limites des processeurs multipliant le nombre de cœurs.

se font depuis par des bus différents. Cette innovation fut appelée par Intel le « *Dual Independent Bus* » (DIB). C'est à ce moment que le bus système a pris le nom de « *Front side Bus* » (FSB) pour le distinguer d'un « *Backside Bus* » indépendant, destiné aux échanges avec la mémoire cache de second niveau.

La représentation du *backside bus* n'est plus utile aujourd'hui. C'est devenu une liaison interne au processeur puisque le CPU et la cache L2 sont désormais toujours sur la même puce. On utilise cependant toujours l'appellation *Frontside Bus* et son acronyme FSB pour désigner le bus système.

Architecture Pont Nord / Pont Sud

Tous les processeurs fonctionnent maintenant à une fréquence qui est un multiple entier ou demi entier de celle de la carte mère. Ainsi un Pentium III 800 monté sur une carte mère dont le FSB tourne à 133 MHz fonctionne à six fois la fréquence du FSB.

En ce qui concerne les entrées/sorties, la vitesse qui était limitée à 8 MHz avec le bus ISA est passée à 33 MHz pour les extensions qui se raccordent au bus PCI

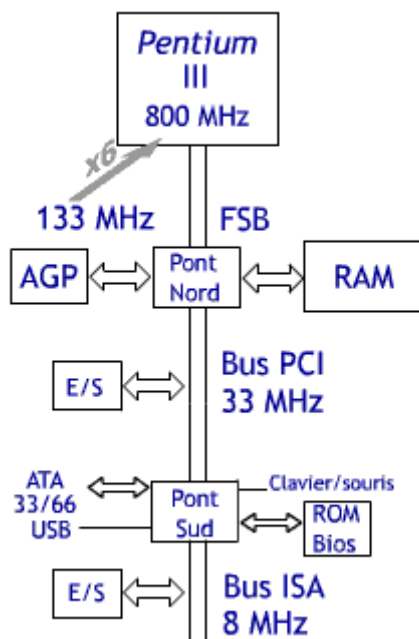


Figure 103

19.4.1 Architecture « Hub » d'Intel

Les puces du chipset changent de noms. On parle maintenant de **MCH** (*Memory Controller Hub*) et d' **ICH** (*I/O Controller Hub*).

Ces deux hubs ne sont plus connectés par le bus PCI mais par un *canal de lien* ou *link channel* qui est deux fois plus rapide et sert exclusivement aux échanges entre les deux éléments du chipset (contrairement au bus PCI dont la bande passante devait être partagée avec les cartes d'extension)

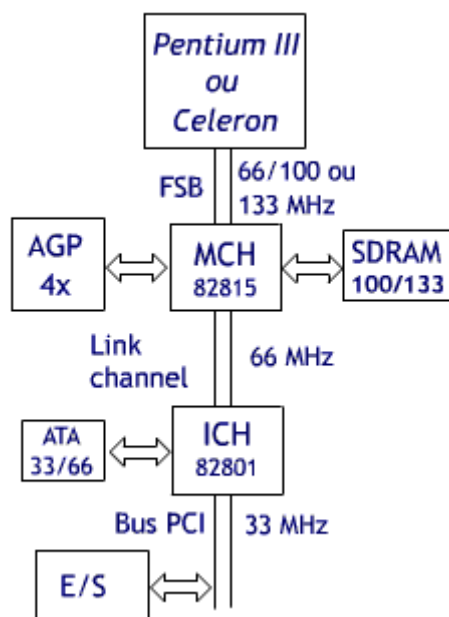


Figure 104

Le MCH est au carrefour des communications entre le CPU, les RAM et la carte graphique.

Certaines déclinaisons du 82815 intègrent les fonctions vidéo AGP 2x mais acceptent l'installation d'une carte vidéo plus performante dans un connecteur AGP 4x.

L'ICH intègre entre autres les interfaces ATA, l'interface USB, un contrôleur audio et les connexions réseaux. Les 500 pages de la "Data sheet" d'Intel qui fait la description de ce 82801 sont disponibles à l'adresse du serveur ftp que voici

<ftp://download.intel.com/design/chipsets/datashts/29068702.pdf>

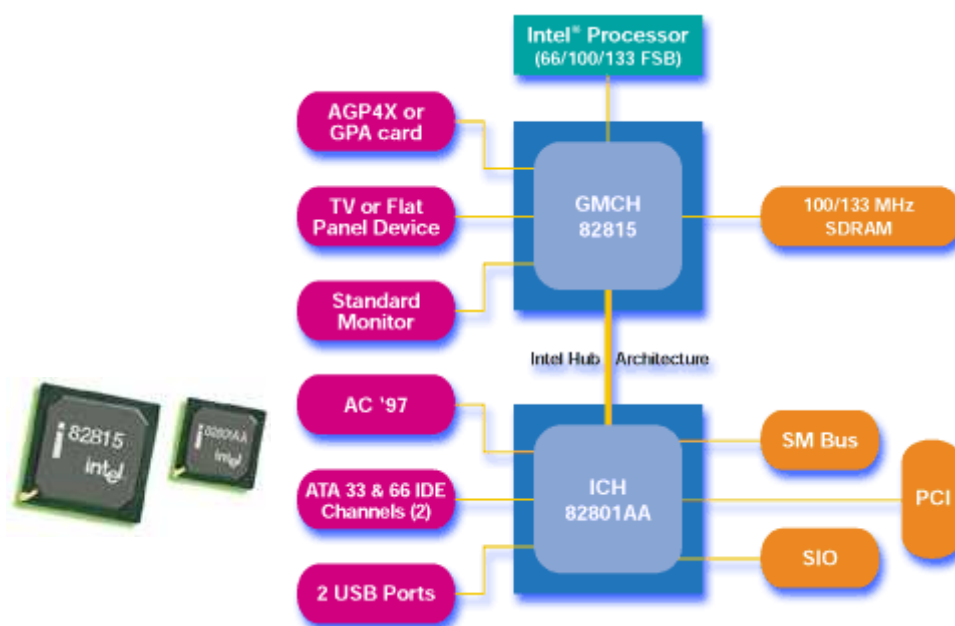


Figure 105 – Schéma bloc avec l'architecture « HUB » d'Intel

<http://developer.intel.com/design/chipsets/815/>
<http://developer.intel.com/design/chipsets/815/>

19.4.2 Chipset pour Pentium 4 et mémoire Rambus

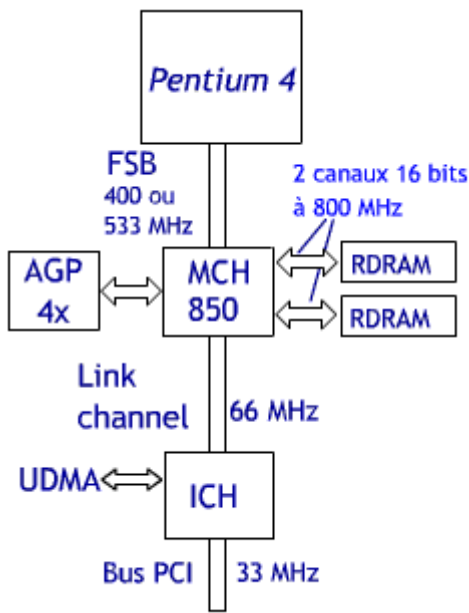


Figure 106

Le MCH 82850 accède à la mémoire via deux canaux de 16 bits à une fréquence de 800 MHz ce qui donne une bande passante de

$$2 \times 2 \text{ octets} \times 800 \text{ MHz} = 3,2 \text{ Go/s}$$

La bande passante du bus système est de 3,2 ou 4,266 Go/s suivant que la fréquence du bus est de 400 ou 533 MHz.

Cette configuration n'a eu cependant qu'un succès mitigé à cause du prix de la RAMBUS.

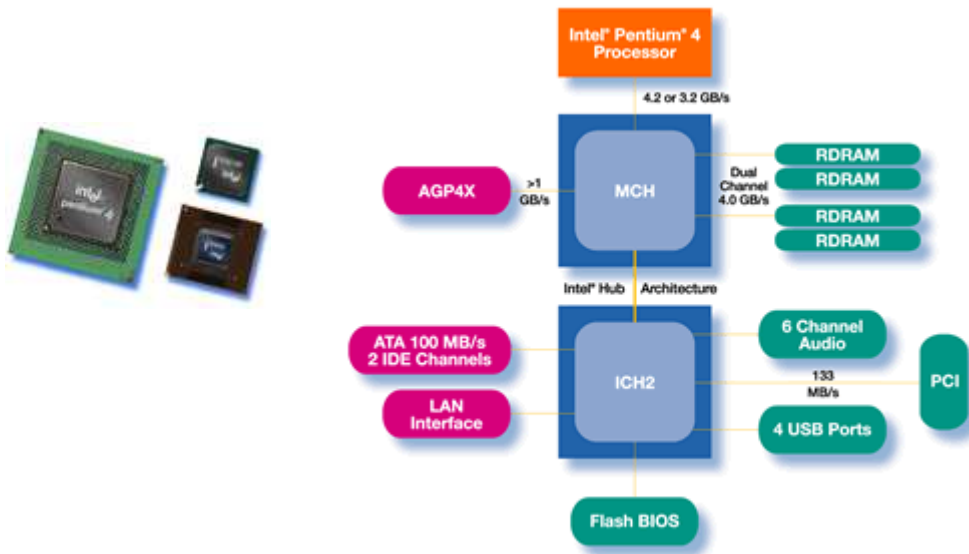


Figure 107 -

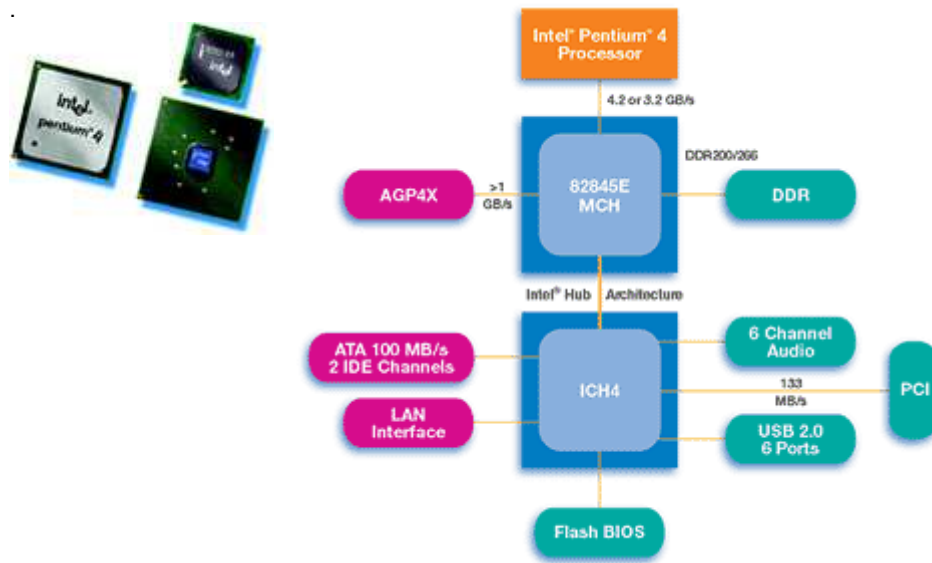
<http://developer.intel.com/design/chipsets/850/index.htm>

19.4.3 Chipset pour Pentium 4 et SDRAM PC133/DDR200/DDR266

Intel a développé le chipset i845 pour pouvoir utiliser le processeur Pentium 4 d'Intel avec des composants mémoires moins onéreux que la RAMBUS: la SDRAM 133 ou de la DDR 200 ou 266.

La fréquence de 400 MHz du bus système permet au processeur de communiquer avec une bande passante de 3,2 Go/s

Les échanges entre l'AGP4X et le 82845 se font à 1 Go/s



19.4.4 Configuration des bus avec l'Athlon

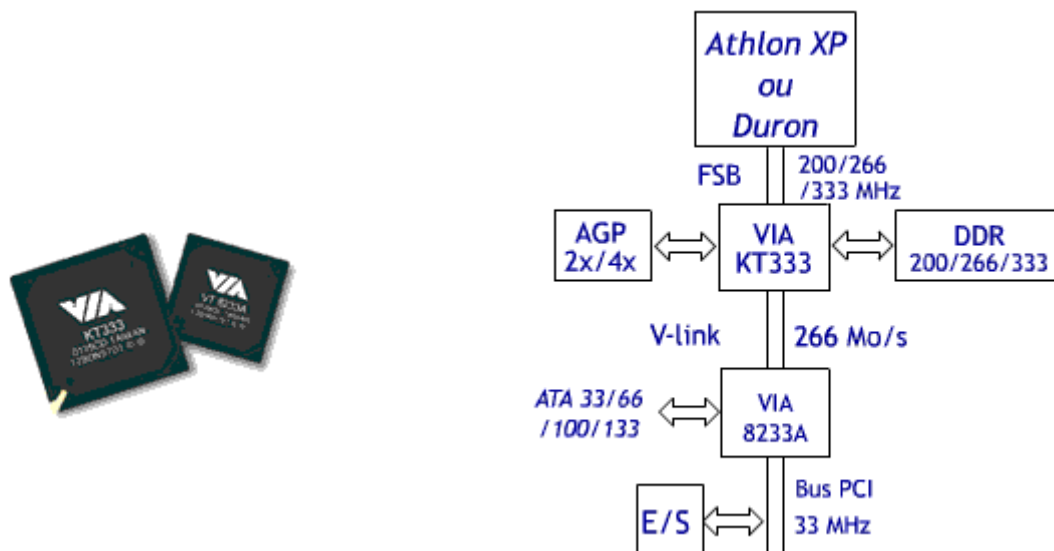


Figure 108 – Chipset VIA pour processeur AMD

L'architecture « multi-bus » se retrouve aussi avec les processeurs d'AMD. Ainsi, le Pont Nord VIA KT333 est (en 2002) capable de communiquer avec le processeur et les DDR RAM PC2700 à 333 MHz.

Bien que VIA appelle les composants du chipset par les expressions « North Bridge » et « South Bridge » cette architecture est similaire à l'architecture « Hub » d'Intel. En effet le canal de lien est exclusivement réservé aux communications entre les deux composants du chipset.

Voici les caractéristiques de quelques « North Bridges » qui chez VIA ont assuré la succession du KT333 pour les processeurs de AMD.

	Processeur	FSB	RAM	Port graphique
KT333	Athlon XP	200/266/333 MHz	DDR333 PC2700	AGP 4x
KT400		→ 400 MHz	DDR400 PC3200	AGP 4x/8x
KT600		266/333/400 MHz	DDR266/333/400	
KT880			Dual channel DDR400/333 SDRAM	
K8T800 Pro	Athlon 64 Athlon 64 FX Opteron	Hyper Transport Bus Link	Contrôleur de mémoire intégré au processeur AMD64	1 PCI express x16 (carte graphique) +PCI express x1
K8T890	AMD Opteron Athlon FX Athlon 64	1GHz/16 bits (Upstream & Downstream) HyperTransport Bus Link		
K8T900	Sempron (939, 940 et 754)			

VIA a un temps été le seul à produire des chipsets pour l’Athlon. Nous verrons dans le chapitre consacré aux chipsets qu’il y a d’autres constructeurs : NVIDIA principalement mais aussi Sis ou ATI

Le bus HyperTransport apparu sur les Athlon 64 est de type série. Sa fréquence varie de 200 MHz à 1000 MHz.

19.5 Les bus d’extensions

19.5.1 Les anciens : ISA 8 et 16 bits, MCA, EISA et VLB

ISA 8bits

En 1981, le bus des premiers PC/XT véhiculait 8 bits de données du 8088 à la fréquence de 4,77 MHz. Le même bus était utilisé par tous les composants de la carte mère : le processeur, les mémoires et les cartes d’extensions. Il s’agissait du bus **ISA 8 bits** « *Industry Standard Architecture* ». Il se présentait sur la carte mère avec des connecteurs de 62 contacts : 8 bits de donnée, 20 bits d’adresse, 8 lignes d’interruption, 4 canaux DMA, divers signaux de contrôle et les lignes d’alimentation (masse, +5V, -5V, +12V, -12V)

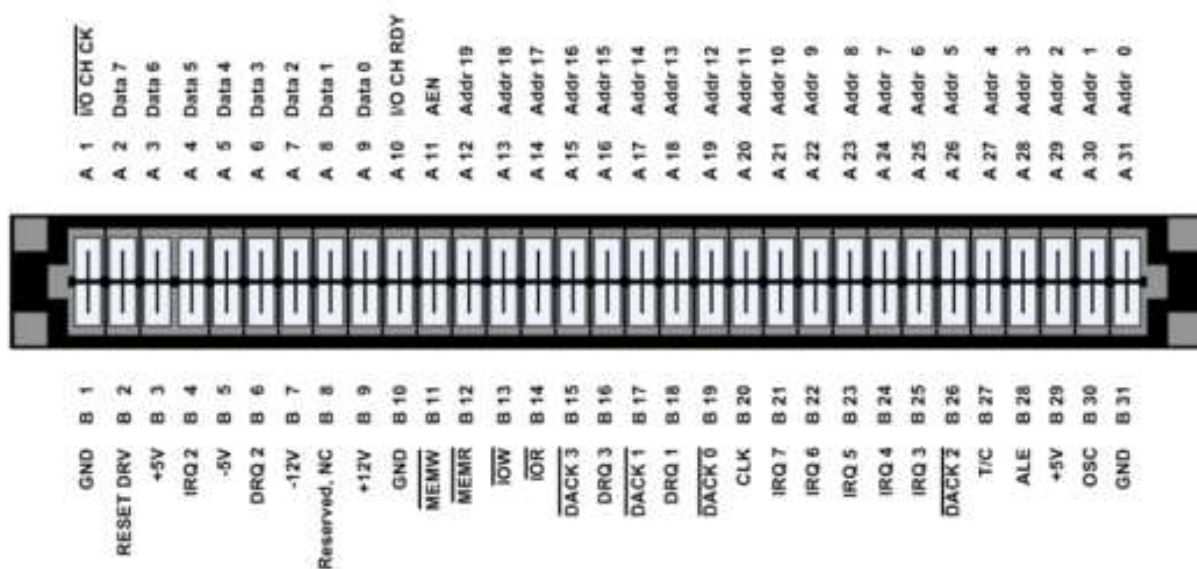


Figure 109 – Brochage d’un connecteur ISA 8 bits

ISA 16 bits

Une version 16 bits fit son apparition en 1984 avec le **80286** et les PC/AT. Le bus **ISA 16 bits** est cadencé à 8 Mhz. Un second connecteur de 36 contacts a été ajouté dans le prolongement du slot ISA 8 bits. L'ensemble pouvait donc accepter aussi bien des cartes 8 ou 16 bits. Le bus véhicule 16 bits de données, 24 lignes d'adresse, 16 lignes d'interruption et 8 canaux DMA. Ce bus ISA 16 bits a disparu des cartes mères voici à peine deux ou trois ans.



Figure 110 – Slot ISA 16 bits

MCA

Depuis le **386 DX**, la largeur du bus de donnée est passée à 32 bits. Bon nombre de tentatives ont été faites pour tenter d'imposer un nouveau standard. IBM commença par fabriquer le bus **MCA** « *Micro Channel Architecture* ». Très simple d'utilisation il suffisait d'une disquette d'installation pour que les cartes s'installent sans devoir les configurer à l'aide de cavaliers (*jumper*). Malheureusement, le nouveau connecteur ne pouvait plus recevoir les anciennes cartes ISA et de plus IBM réclamait des royalties aux constructeurs qui souhaitaient obtenir une licence d'utilisation...pire, IBM exigeait même des royalties rétroactives aux fabricants qui avaient utilisé le BUS ISA. Pas étonnant dès lors que le bus MCA ait été boudé !

EISA

Compac et d'autres constructeurs se sont associés pour créer le standard **EISA** (*Extended Industry Standard Architecture*). Les connecteurs EISA ressemblaient aux connecteurs ISA 16 bits mais avaient deux rangées de contacts disposées en hauteur comme dans les cartes AGP actuelles. Les 90 contacts du fond ne servaient qu'aux cartes EISA (32 bits) tandis que les anciennes cartes ISA 8 ou 16 bits n'accédaient qu'aux 98 contacts du dessus.

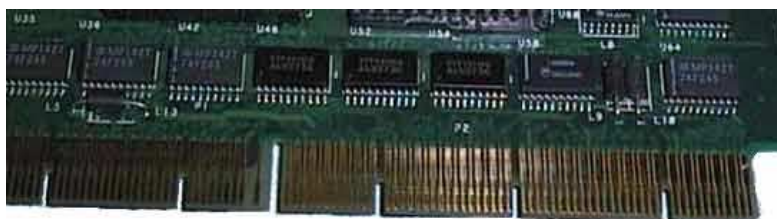


Figure 111 – EISA 32 bits

Jusqu'ici les bus ISA 8 bits puis 16 bits, MCA, et EISA fonctionnent tous à 8MHz. Les entrées/sorties étaient relativement lentes mais cela n'a pas posé de problème tant que les applications graphiques étaient absentes. L'arrivée des applications graphiques telles que Windows fit que les bandes passantes de ces bus devinrent tout à fait insuffisantes.

L'étape suivante a été de créer des bus capables d'utiliser le débit devenu plus important du bus système pour les communications entre les périphériques plus exigeants, et la mémoire ou le processeur. Ce bus d'E/S rapide porte le nom de « **bus local** », il est cadencé à la même vitesse que le processeur. Aux cartes ISA traditionnelles, se sont vues ajoutées des cartes rapides qui communiquent à 33 MHz.

VLB

Le bus **VLB** « *Vesa Local Bus* » développé par l'association VESA « *Video Electronics Standards Association* » fondée par le constructeur NEC pour améliorer les performances des cartes vidéo. Sur la carte mère les slots VLB se reconnaissent aux connecteurs bruns placés dans le prolongement des slots ISA 16 bits. Le bus VLB n'a jamais existé que sur des cartes mères équipées de 486. Il avait une largeur de 32 bits et communiquait à la vitesse du bus système, 33 MHz. Ce bus reprenait tout simplement les signaux issus des broches du 486. Lors du développement du Pentium, Intel abandonna le bus VLB pour le remplacer par le bus PCI.

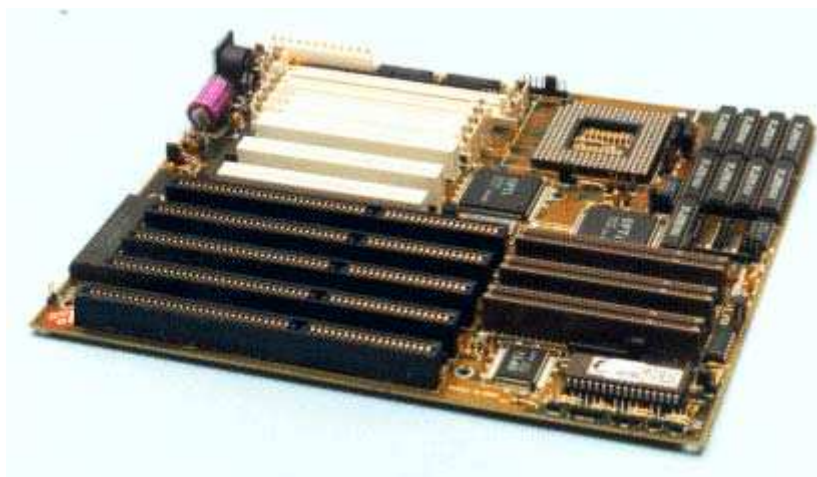


Figure 112 – Carte mère avec slots ISA 16 bits dont certains sont prolongés par des connecteurs bruns pour passer à une largeur de 32 bits

19.5.2 Le bus PCI

Le bus **PCI** « *Peripheral Component Interconnect* » est actuellement le bus local le plus courant mais pourtant de moins en moins utilisé à cause de l'intégration à la carte mère des fonctions anciennement assurées par les cartes d'extension et de l'apparition du port AGP puis des connexions PCI express.

Le bus PCI fut développé par Intel et introduit en 1993. Dans sa version de base, il communique des mots de **32 bits** à la fréquence de **33 MHz**. Cette vitesse est indépendante de celle du bus système dont il est séparé par un pont.

Les connecteurs PCI sont plus écartés du bord de la carte mère que ne le sont les connecteurs ISA. Ils sont généralement de couleur blanche.

Initialement les cartes PCI étaient alimentées en 5V uniquement. On est progressivement passé à une alimentation en 3,3V. Ces cartes PCI alimentées par des tensions différentes ne sont pas interchangeables et il a fallu les distinguer par des détrompeurs. La figureFigure 113-Formats de connecteurs PCI montre les différentes positions des détrompeurs en fonction de la tension d'alimentation. Certaines cartes possèdent deux détrompeurs car elles peuvent être alimentées aussi bien en 3,3V qu'en 5V.

Il existe quelques variantes du bus PCI qui ne s'emploient que dans les serveurs ou des machines haut de gamme. L'amélioration porte sur la largeur du bus (64 bits au lieu de 32) et/ou sur sa fréquence (66 MHz et même 133 MHz pour le PCI-X)

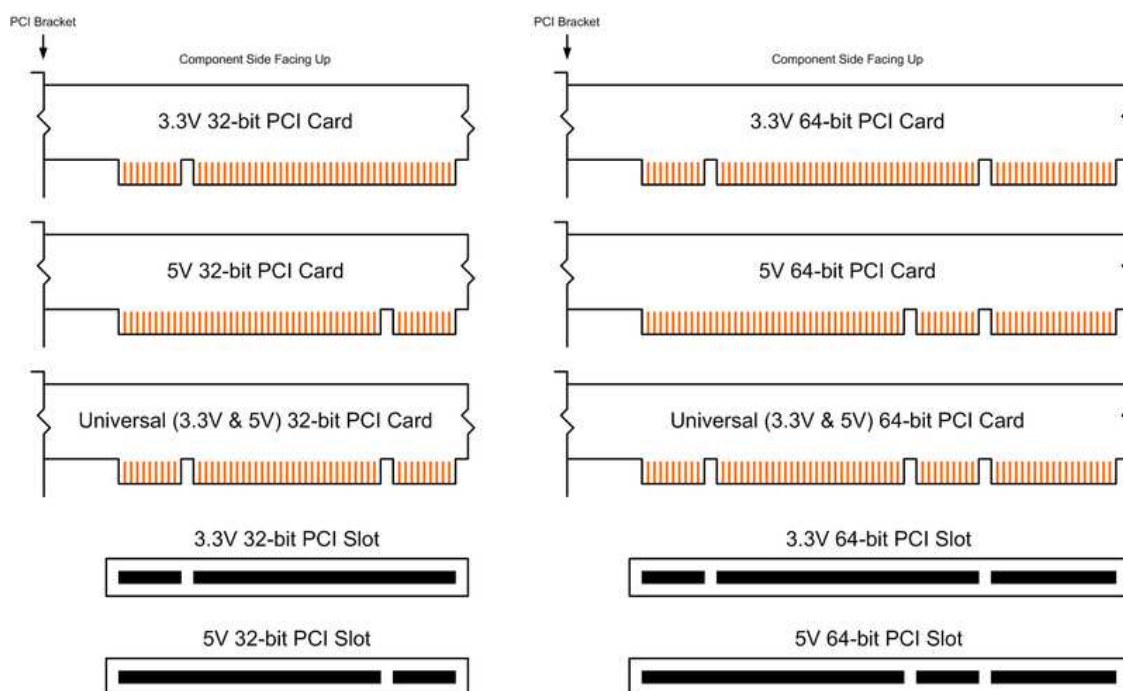


Figure 113- Formats de connecteurs PCI

Le bus PCI introduit une innovation : le « **bus mastering** », les cartes d'extension après en avoir fait la demande peuvent obtenir momentanément le contrôle exclusif du bus pour accélérer leurs transferts.

De nombreuses cartes d'extensions ont été développées pour ce type de bus. Depuis 1995 elles sont « **Plug and Play** » (PnP) ce qui signifie qu'elles s'installent et se configurent presque automatiquement par voie logicielle sans devoir positionner de cavaliers (*jumpers*) ou de micro-interrupteurs (*dip-switches*).

Pour pouvoir bénéficier de cette technologie il faut que la carte d'extension soit équipée d'un circuit de configuration PnP et que le BIOS et le système d'exploitation soient eux aussi compatible PnP. Le BIOS commence par identifier chaque composant et leur alloue leurs ressources : adresses mémoires, IRQ, canaux DMA et port d'E/S. Il informe ensuite les cartes PCI des ressources qui leur sont attribuées. Le système d'exploitation vérifie ensuite ces valeurs pour voir si depuis la dernière fois il n'y a pas de nouveaux périphériques. Si tel est le cas, il indique qu'il a détecté du nouveau matériel et propose d'installer le « *device driver* » qui lui convient.

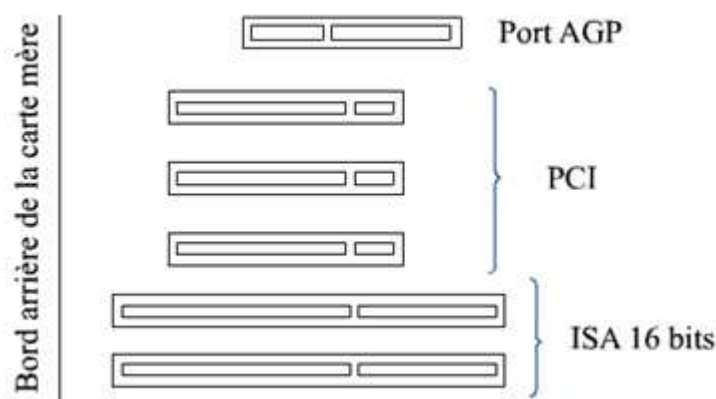


Figure 114 – Disposition des connecteurs ISA, PCI et AGP sur les anciennes cartes mères

19.5.3 L'AGP

Le port **AGP** « *Accelerated Graphic Port* » est bien un port et non pas un bus puisqu'il ne peut recevoir qu'une seule connexion réservée à une seule carte vidéo. Ce port est connecté directement à la mémoire système via le pont Nord ou le MCH.

Le port AGP original échangeait les données par mots de 32 bits à une fréquence de 66 MHz ce qui donne une bande passante de $66,66 \cdot 10^9 \text{ Hz} \times 4 \text{ octets} = 266 \text{ Mo/s}$.

Depuis les vitesses ont été multipliées par 2, 4 ou 8 ce qui donne 533 Mo/s pour l'AGP x 2, 1Go/s pour l'AGP x 4 et 2,1Go/s pour l'AGP x 8.

Le slot AGP a des dimensions semblables à celles du connecteur PCI mais possède des contacts sur deux étages. Il est de couleur brune et est plus distant du bord arrière de la carte que ne le sont les connecteurs PCI.

Le connecteur AGP possède parfois un détrompeur situé aux deux tiers de la longueur. Celui-ci permet de distinguer les cartes AGP conçues pour fonctionner sous 3,3V de celles prévues pour fonctionner en 1,5V ou même en 0,8V. Il est ainsi mécaniquement impossible d'insérer une carte AGP 3,3V dans un slot prévu pour 1,5V :

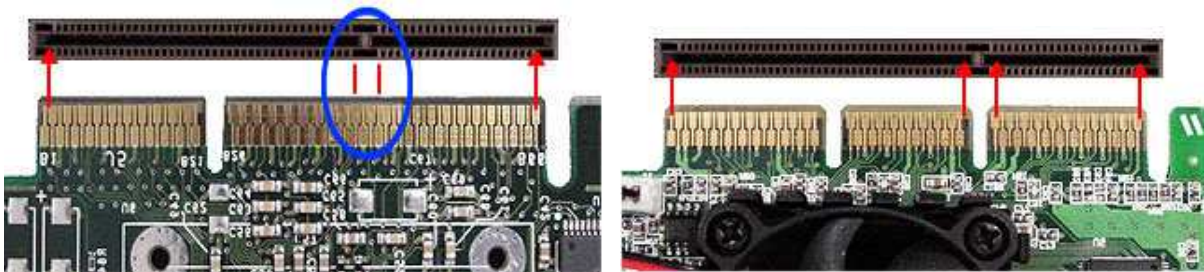


Figure 115 – Disposition des détrompeurs sur la carte AGP

Certaines cartes AGP dites « universelles peuvent aussi bien s'adapter aux slots 3,3V qu'aux slots 1,5V.

19.5.4 Le PCI Express



Le **PCI Express** est plus récent. Il reprend les concepts de programmation du bus PCI mais offre une bande passante bien plus élevée en utilisant des communications série sur deux fils en mode différentiel moins sujettes aux interférences que les communications parallèles.

La connexion entre une carte PCIe et le *switch* PCIe est appelée un lien (*link*) et est composée de 1, 2, 4, 8, 12, 16, 24 ou 32 voies (*lane*). Chaque voie utilise une paire de conducteurs pour la transmission et une autre paire de conducteurs en réception. Les communications séries « *Full-duplex* » peuvent se faire simultanément dans les deux sens à une fréquence de 2,5 Gbps (Giga bit par seconde) L'encodage des données est tel que la bande passante effective d'un canal est toutefois limité à 250 Mo/s.

Lors de la transmission d'un paquet de données, celui-ci est décomposé en octets qui sont répartis sur le nombre de voies disponibles. Un lien composé d'une voie est un lien 1x. Les cartes PCI express existent avec différentes largeurs de liens, 1x, 2x, 4x, 8x, 12x, 16x et 32x.

Les plus courants seront les PCIe 1x qui se reconnaissent aux connecteurs 36 contacts et les PCIe 16x (164 contacts) grâce auxquels les cartes graphiques pourront émettre 4 Go/s et recevoir 4 Go/s simultanément.

Les connecteurs 4x (64 contacts) et 8x (98 contacts) ne s'utilisent actuellement que dans les serveurs.

Ajoutons que le connecteur PCIe est "*hot plug*" ce qui permet de brancher ou débrancher des cartes "à chaud" c'est à dire sans éteindre la machine. Les ports PCIe sont donc aussi prévus pour servir à la connectique externe.

20 Le chipset

20.1 North Bridge / South Bridge

Le "chipset" que l'on pourrait traduire par jeu de composants est un assortiment de quelques puces à haute intégration qui assurent le contrôle de presque toute la carte mère.

Sur les cartes mères des premiers PC, outre le processeur et les circuits mémoire, on pouvait distinguer les circuits intégrés distincts pour l'adressage de la mémoire, les interruptions, le circuit d'horloge, le contrôleur de DMA, les contrôleurs de chaque entrée/sortie etc. Tous ces circuits sont maintenant regroupés sur une, plus souvent deux, ou parfois trois puces seulement. Ces quelques composants contrôlent l'ensemble des signaux de la carte mère dont principalement le *front side bus* (FSB), le port AGP, le bus PCI, les PCI express et les entrées/sorties telles que les disques IDE ou SCSI, le clavier, la souris, les ports USB, très souvent les signaux audio et même la carte graphique est intégrée au pont nord.

Lors de l'étude de l'architecture multi-bus, nous avons vu que le chipset est le plus souvent composé de deux circuits appelés d'abord "Pont Nord" (*North Bridge*) et "Pont Sud" (*South Bridge*) puis "Hub" (*MCH Memory Controller Hub* et *ICH IO Controller HUB*). Ces appellations varient pour des raisons commerciales afin de mettre les nouveautés en évidence mais les techniciens se comprennent en disant tout simplement "Pont Nord" et "Pont Sud".



20.2 Caractéristiques du chipset

Les caractéristiques de la carte mère sont intimement liées à celles du chipset puisque c'est lui qui dicte les particularités des processeurs et des mémoires qui peuvent y être installés. Ceci explique le fait que contrairement au processeur et aux barrettes de mémoire qui sont amovibles, les composants du chipset sont soudés directement sur la carte mère.

Voici une liste non exhaustive des caractéristiques du PC qui dépendent du chipset :

- Type de socket du CPU et les processeurs supportés
- Fréquences du FSB
- Fréquences des barrettes RAM
- Nombre maximum de slots mémoire
- Taille maximum de la mémoire
- Type de barrette RAM supportée : SDRAM, DDR, DDR2, DDR3
- Support du *dual channel*
- Présence et type des connexions IDE
- Présence et génération des connexions SATA
- Possibilité de mise en grappe des disques (System RAID)
- Nombre maximum de connecteurs PCI
- Présence et type de port AGP 1x / 2x / 4x / 8x
- Présence, nombre et types de ports PCI express
- Carte graphique intégrée (Oui/non)
- Nombre et version des connexions USB

20.3 Les principaux constructeurs

[Intel](#), [VIA](#), [AMD](#), [SiS \(Silicon integrated Systems\)](#) et ALI (Acer Laboratories, Inc.)

Intel, le fondateur de la plupart des processeurs qui équipent nos PC, est le mieux placé pour concevoir et produire les chipsets assortis à ses processeurs.

Ces composants portent un numéro qui commence par 82 suivi de 3 chiffres : 4xx pour les familles de chipset conçus suivant une architecture Pont Nord / Pont Sud et 8xx pour les chipsets de type hub (MCH / ICH)

VIA

20.4 Identification du chipset

Pour savoir de quel chipset un ordinateur est équipé, le plus simple est de consulter le manuel de sa carte mère. Si celui-ci n'est pas disponible, il est en principe possible d'ouvrir le PC et d'y lire l'indication imprimée sur le pont Nord. Cette méthode convient pour les tours avec d'anciennes cartes mères mais pour les cartes plus récentes, le pont nord est certainement recouvert par un dissipateur de chaleur. Il serait stupide de prendre le risque d'abîmer la carte en retirant ce dissipateur uniquement pour y lire l'inscription. Idem si le PC est un portable.

Consulter le gestionnaire de périphériques :

Il faut y rechercher des inscriptions du style : « Famille de jeu de puces », « Chipset » ou « *Memory controller hub* ». Une vérification ultérieure sur Internet confirmera (ou non) que les indications reprises sont bien des codes d'identification de chipsets.

Exemples :

« Famille de jeu de puces Express Mobile Intel® 45 »
ou « Intel(R) 5 Series/3400 Series Chipset Family

On y trouve aussi certainement une indication telle que « Contrôleur d'interface LPC » ou « LPC Interface Controller ». Il s'agit du contrôleur de bus LPC (*Low Pin Count*), un bus de 4 bits de large et cadencé à 33 MHz servant aux communications du chipset avec le clavier, l'horloge système, le contrôleur d'interruptions, toutes sortes de composants qui étaient connectés au bus ISA dans les premiers PC. Les codes d'identification associés à ce contrôleur sont ceux d'un pont sud. C'est l'unique composant de chipset lorsque les fonctions habituellement dévolues au pont nord sont intégrées au processeur.

Support Intel pour l'identification de ses produits.

<http://www.intel.com/support/fr/idyp.htm>

Article à lire pour compléter ce sujet : **Le chipset, ça sert à quoi ?**

Vous y trouverez des informations plus récentes dans cet article initialement publié sur PCWorld.com et repris par infobidouille.com

<http://www.infobidouille.com/pcworld/la-question-technique-14-le-chipset-ca-sert-quoi/>

On y mentionne notamment le fait que certaines fonctions du pont nord sont maintenant intégrées au processeur et que dans l'avenir le chipset finira probablement par complètement disparaître ...

21 La mémoire

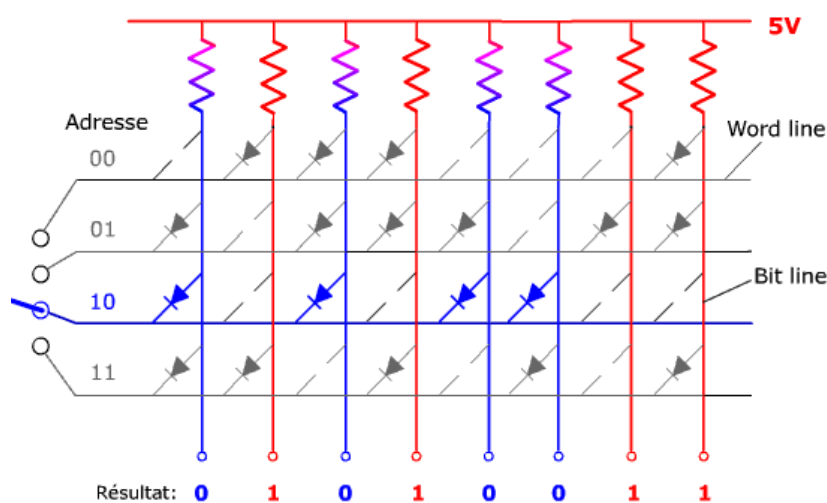
21.1 La ROM

La **ROM** "*Read Only Memory*" (mémoire à lecture seule) est aussi appelée **mémoire morte**. Il est impossible d'y écrire, leur contenu est en principe immuable. Leur principal avantage par rapport aux mémoires vives (RAM) est que les mémoires mortes n'ont pas besoin d'être alimentées électriquement pour conserver l'information. Les ROM sont programmées par leurs fabricants pour contenir des informations permanentes telles que les fonctions de certains BIOS.

Nous en verrons quatre variantes : PROM, EPROM, EEPROM et Flash EPROM

La **PROM** "*Programmable ROM*" est une ROM qui peut être programmée à l'aide d'un graveur de PROM. Une fois écrite, il est impossible d'en modifier le contenu.

Le principe de fonctionnement d'une PROM est relativement simple. Cette mémoire contient une matrice de diodes. L'adresse du mot à lire agit sur un décodeur qui dans le schéma ci-dessous est représenté symboliquement par un commutateur à quatre positions. Ce schéma représente donc une PROM de 4 octets. Le code en sortie de la mémoire est une combinaison de bits à 1 et à 0. Les niveaux '1' sont fournis au travers de résistances électriques reliées à la tension d'alimentation du circuit. Par endroits, des diodes forcent les bits de la ligne sélectionnée vers une tension qui correspond au niveau logique 0.



Dans une PROM vierge, les diodes sont en série avec de petits fusibles.

La programmation se fait en brûlant certains fusibles pour les positions des bits devant être mis à 1.

Cette opération est irréversible.

Figure 116 – Schéma de principe d'une ROM

L'**EPROM** "*Erasable PROM*" est effaçable.

On efface ces mémoires en les laissant 10 à 20 minutes sous des rayons ultraviolets. Le composant possède une petite fenêtre qui permet le passage des UV. Une fois effacée, l'EPROM peut être reprogrammée.

L'**EEPROM "Electrically Erasable PROM"** est une EPROM qui s'efface par des impulsions électriques. Elle peut donc être effacée sans être retirée de son support.

La **Flash EPROM** plus souvent appelée **mémoire Flash** est un modèle de mémoire effaçable électriquement. Les opérations d'effacement et d'écriture sont plus rapides qu'avec les anciennes EEPROM. C'est ce qui justifie l'appellation "Flash". Cette mémoire, comme les autres ROM, conserve les données même quand elle n'est plus sous tension. Ce qui en fait le composant mémoire amovible idéal pour les appareils photos numériques, les GSM, les PDA et l'informatique embarquée.

La caractéristique essentielle de toutes ces « mémoires mortes », n'est donc pas qu'elles peuvent uniquement être lues mais plutôt qu'elles ne s'effacent pas quand l'alimentation est coupée.

21.2 La RAM

La **mémoire vive** est généralement appelée **RAM** pour *Random Access Memory* ce qui signifie **mémoire à accès aléatoire**, entendez "accès direct".

Elles ont été dénommées mémoires à accès aléatoire pour des raisons historiques. En effet pour les premiers types de mémoire, les cartes perforées ou les bandes magnétiques par exemple, les temps d'accès dépendaient des positions des informations sur ces supports. Avec ces mémoires à accès séquentiel, il fallait faire défiler une kyrielle d'informations avant de trouver celle que l'on cherchait.

La RAM du PC contient tous les programmes en cours d'exécution ainsi que leurs données. Les performances de l'ordinateur sont fonction de la quantité de mémoire disponible. Aujourd'hui une capacité de plusieurs milliards d'octets (Go) est nécessaire pour pouvoir faire tourner les logiciels de plus en plus gourmands. Quand la quantité de mémoire ne suffit plus, le système d'exploitation a recours à la mémoire virtuelle, il mobilise une partie du disque pour y entreposer les données qu'il estime devoir utiliser moins souvent.

21.2.1 RAM statiques / RAM dynamiques

Il y a deux technologies de fabrication des RAM : statiques et dynamique, elles ont chacune leur domaine d'application.

La **SRAM** ou **RAM Statique** est la plus ancienne. Les bits y sont mémorisés par des bascules électroniques dont la réalisation nécessite six transistors par bit à mémoriser. Les informations y restent mémorisées tant que le composant est sous tension. Les cartes mères utilisent une SRAM construite en technologie CMOS et munie d'une pile pour conserver de manière non volatile les données de configuration (*setup*) du BIOS. Le circuit de cette RAM CMOS est associé au circuit d'horloge qui lui aussi a besoin de la pile pour fonctionner en permanence même quand l'ordinateur est éteint.

La SRAM est très rapide et est pour cette raison le type de mémoire qui sert également aux mémoires cache.

La **DRAM** pour **RAM dynamique** est de réalisation beaucoup plus simple que la SRAM. Ce qui permet de faire des composants de plus haute densité et dont le coût est moindre.

Chaque bit d'une DRAM est mémorisé par une charge électrique stockée dans un petit condensateur. Ce dispositif offre l'avantage d'être très peu encombrant mais a l'inconvénient de ne pas pouvoir garder l'information longtemps. Le condensateur se décharge au bout de quelques millisecondes (ms). Aussi pour ne pas perdre le bit d'information qu'il contient, il faut un dispositif qui lit la mémoire et qui la réécrit de suite pour recharger les condensateurs. On appelle ces RAM des RAM dynamiques car cette opération de **rafraîchissement** doit être répétée régulièrement.

21.3 Structure de la RAM

L'adressage des cellules à l'intérieur des composants mémoire nécessite un certain nombre de broches pour l'interconnexion des composants au bus d'adressage et un nombre bien plus important de portes logiques pour la sélection des cellules. Le nombre de cellules adressables avec n lignes d'adresse est de 2^n . Il faut par exemple 20 lignes d'adresses pour former 2^{20} soit 1024*1024 adresses distinctes.

L'organisation la plus simple est semblable à ce que nous avons déjà vu pour l'adressage des octets d'une ROM (Figure 116 – Schéma de principe d'une ROM page 21-1) :

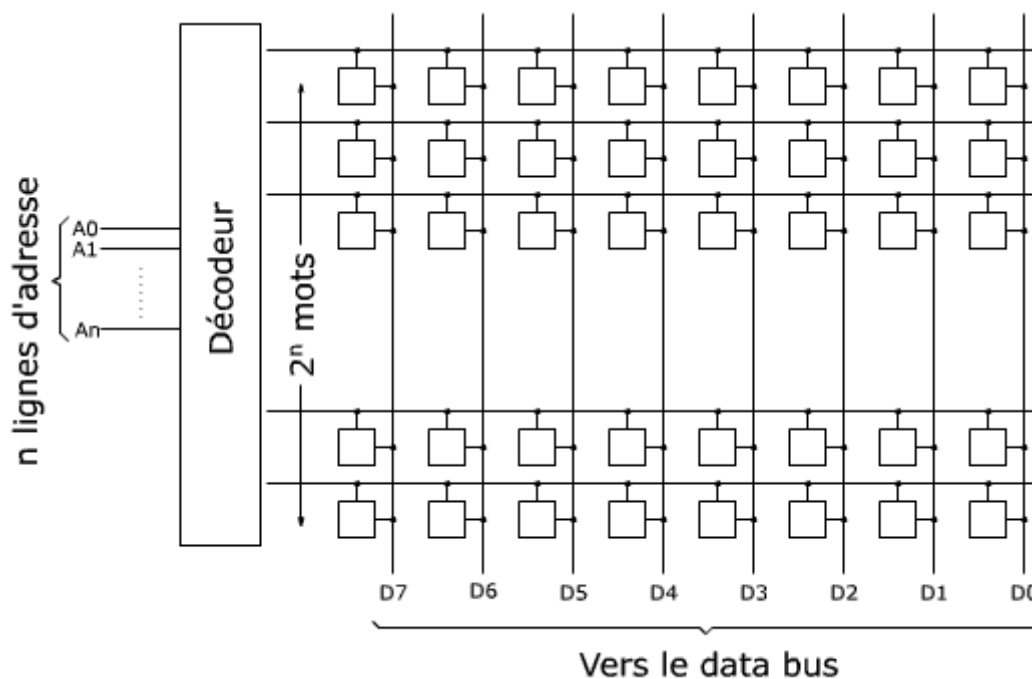


Figure 117 – Adressage linéaire de 2^n bytes

Les lignes d'adresses sont connectées aux n entrées d'un décodeur qui sélectionne une seule des 2^n lignes du composant mémoire. Les bits qui appartiennent à la ligne sélectionnée sont connectés au bus des données.

Le composant représenté ci-dessus produit 8 bits de données. Dans la pratique les puces disposées sur les barrettes RAM fournissent en général 4, 8 ou 16 bits. Elles y sont en nombre suffisant pour donner autant de bits que nécessaire pour la largeur du bus des données (64 bits pour les barrettes DIMM). (8 puces de 8 bits, ou 16 puces de 4 bits).

L'organisation des cellules adressables des RAM dynamiques (DRAM) ne peut cependant pas être aussi simple que ce que la figure 2 pourrait nous laisser croire. Imaginez par exemple que cette puce comporte 1 Go. Le décodeur posséderait donc 30

lignes d'entrées pour l'adresse sur 30 bits ($2^{30} \approx 10^9$) mais il devrait aussi comporter plus d'un milliard de portes logiques pour un milliard de sorties !

A cette structure linéaire, on préfère une organisation matricielle des cellules mémoire avec une matrice aussi carrée que possible.

Prenons un exemple plus simple, une RAM de 1Ko, les 10 lignes d'adresse de cet exemple ($2^{10} = 1024$) pourraient être réparties comme suit : les 7 bits d'adresse les plus significatifs (A9 à A3) sont connectés à un décodeur qui n'a plus que $2^7 = 128$ sorties (au lieu de 1024) tandis que les 3 bits les moins significatifs de l'adresses (A2, A1 et A0) commandent un multiplexeur qui sélectionne 8 signaux (1 octet) hors de 64 colonnes.

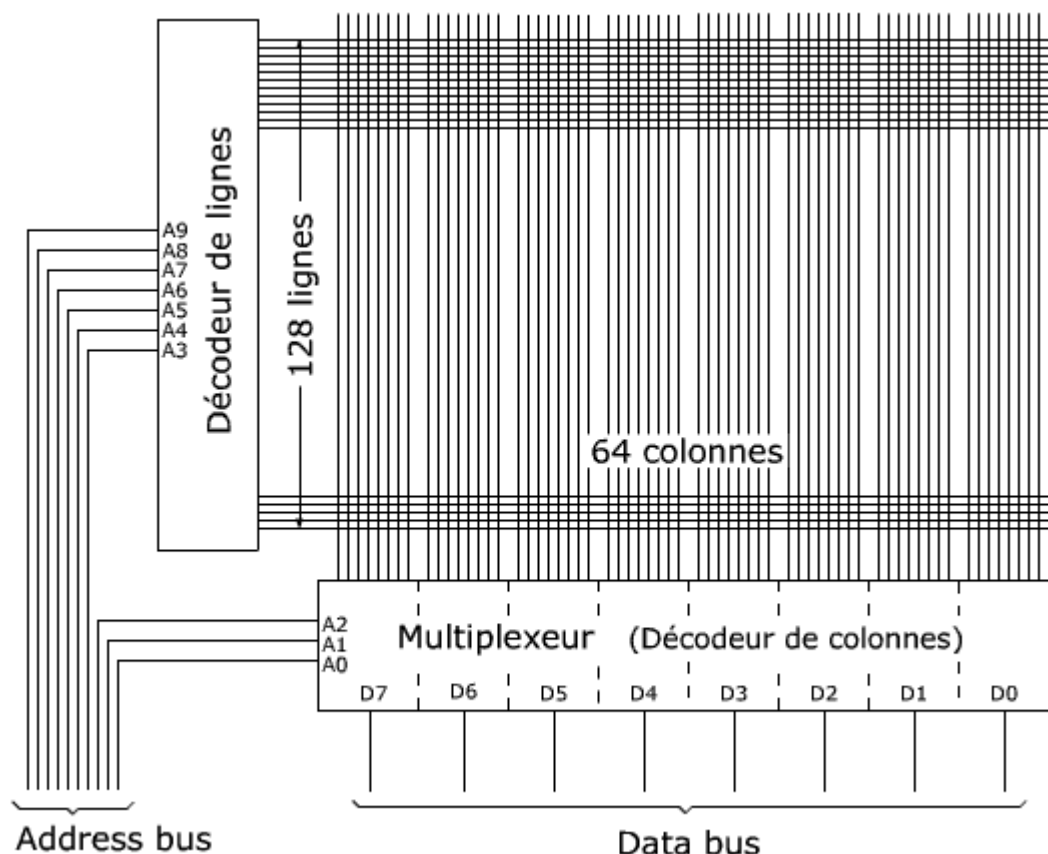


Figure 118 – Multiplexage des adresses de lignes et colonnes

Le nombre de portes logiques qui constituent le décodeur et le multiplexeur est considérablement réduit par rapport au schéma précédent mais le mode d'adressage de la RAM s'en trouve modifié. L'adressage se fait en deux dimensions : lignes et colonnes (*rows and columns*).

L'adressage se fait aussi en deux temps 1° sélection d'une ligne, 2° sélection du numéro de colonne.

Cette sélection en deux temps a pour principal objectif de réduire le nombre de contacts des puces mémoires. On divise le nombre de ligne d'adresse par deux en se servant de mêmes lignes pour véhiculer tantôt le numéro de ligne tantôt le numéro de colonne. La distinction numéro de ligne/ numéro de colonne (multiplexés sur les

mêmes contacts) est rendue possible par l'ajout de signaux sur le bus de contrôle : RAS (*Row address Strobe*) et CAS (*Column address Strobe*)

21.4 Les temps d'accès

Les mémoires statiques (SRAM) ont des temps d'accès très courts adaptés aux fréquences des processeurs qui en font les candidates idéales pour les mémoires cache.

Les mémoires dynamiques (DRAM) ont des temps d'accès supérieurs. Elles sont organisées en matrices et l'adressage qui y sélectionne successivement les lignes et les colonnes, nécessite un temps de **latence** qui vaut plusieurs cycles du processeur.

La durée d'un cycle du processeur est égale à l'inverse de la fréquence d'horloge. Si par exemple le CPU tourne à 1 GHz (10^9 Hz) son cycle dure $1 / 10^9$ s = 10^{-9} s = 1 ns (1 nano seconde)

Pour gagner du temps, les barrettes mémoires sont organisées en **bancs**, généralement quatre, entre lesquels sont distribuées une à une les adresses successives. Ainsi s'il faut accéder à quatre données contiguës, l'accès à la première requière des périodes d'attente qui ne sont plus nécessaires pour les trois données suivantes puisque les quatre adressages ont pu se faire presque simultanément. On dit que les données sont traitées en **mode rafale (burst mode)**.

Une mémoire SDRAM cadencée à 133 MHz a besoin de 5 cycles de 7,5 ns ($1 / 133.10^6$ Hz = $7,5 \cdot 10^{-9}$ s) pour obtenir le transfert de la première donnée mais chacun des trois accès suivants ne prend qu'un seul cycle. Ce qui fait un total de 8 cycles pour quatre accès (5+1+1+1) soit une moyenne de deux cycles par transfert.

Nous détaillerons le timing des RAM dynamiques un peu plus loin (21.6 page 21-8)

21.5 Types de RAM dynamiques

La préoccupation des constructeurs de mémoire est triple : ils cherchent à obtenir des mémoires de plus en plus grosses et de plus en plus rapides à un prix toujours moindre.

21.5.1 RAM FPM

La RAM FPM "*Fast Page Mode*", dépassée aujourd'hui, utilise un adressage en mode page. Cela consiste à adresser les données en deux temps. La première partie de l'adresse spécifie la page (une ligne) et la seconde y indique l'emplacement mémoire visé (une colonne). La plupart du temps les accès mémoire se font sur des données voisines. Les données peuvent donc être lues en rafale, la première partie de l'adressage n'est nécessaire que pour l'accès à la première donnée mais ne doit plus à être répété pour les données situées aux adresses suivantes. On pouvait lire sur les boîtiers de ces composants des nombres tels que 70 ou 80 ils indiquaient les temps d'accès en nanosecondes (70 ou 80 ns)

(Lecture en mode rafale en 14 cycles : 5-3-3-3)

21.5.2 RAM EDO

En 1995, la RAM EDO "*Extended Data Out*" a amélioré la technique précédente en permettant que les adressages successifs du mode rafale soient faits pendant les lectures des données précédentes. Les temps d'accès sont alors passés à 60 et 50 ns.

(Lecture de 4 données en mode rafale en 11 cycles : 5-2-2-2)

La figure ci-dessous montre à titre indicatif à quoi ressemble le timing d'une RAM EDO. Le nombre de paramètres est impressionnant. Contentons-nous d'observer que l'adresse ADDR est donnée en deux parties et que pour une même ligne (ROW) on sélectionne ici successivement 3 colonnes (COLUMN)

EDO-PAGE-MODE READ CYCLE

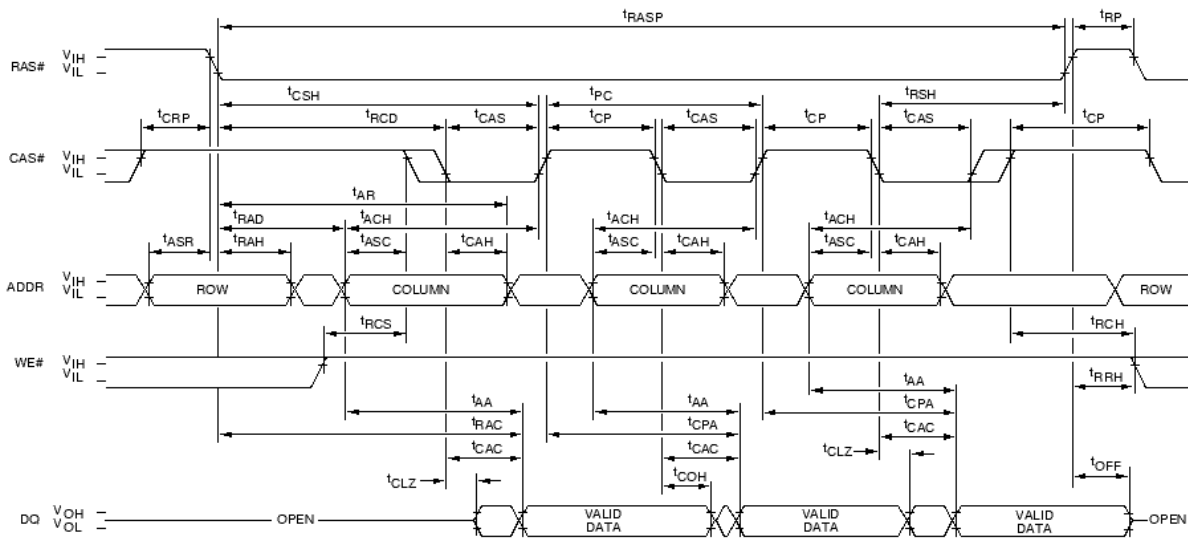


Figure 119 – Cycle de lecture d'une RAM EDO

21.5.3 Barrettes SIMM (Modèles très anciens pour RAM dynamiques FPM et EDO)

Les SIMM (*Single Inline Memory Module*) sont des modules mémoire à une rangée de contacts. En fait, il y a des contacts sur les deux faces mais ils sont reliés par des trous métallisés.

- Les SIMM 30 broches mémorisent les données par mots de 8 bits. Elles étaient utilisées à l'époque des 486 et étaient montées par "bancs" de quatre barrettes puisque le bus de données y avait une largeur de 32 bits.



Figure 120 – Très anciennes barrettes SIM 30 contacts

- Les **SIMM 72 broches** mémorisent les données par mots de 32 bits. Puisque le bus du Pentium communique sur une largeur de 64 bits, il faut monter ces barrettes par bancs de deux.

21.5.4 Barrettes DIMM (Modèles actuels pour SDRAM et DDRSDRAM)

Les barrettes **DIMM "Dual Inline Memory Module"**. Ce sont des modules mémoire à deux rangées de contacts. En augmentant le nombre de contacts par rapport aux barrettes SIMM les données peuvent être échangées par groupes de 64 bits, soit huit octets en une fois.

21.5.5 SDRAM

La **SDRAM "synchronous DRAM"** a supplanté les types de RAM précédentes en 1997. Lors d'un cycle de lecture en mode rafale, les lectures sont synchronisées avec le bus. Dès que la première donnée a pu être lue les suivantes se succèdent en étant synchronisés à la fréquence du bus système. La vitesse s'exprime dès lors en MHz et non plus en ns.

(Lecture en mode rafale en 8 cycles : 5-1-1-1)



Figure 121
Barrette SIMM
pour SDRAM

Les DIMM **SDRAM** ont 168 contacts (84 par face) Deux encoches servent de détrompeurs. Elles sont généralement alimentées en 3,3V mais il existe d'autres tensions d'alimentation. Ces variantes sont signalées par de petites modifications des positions des détrompeurs empêchant ainsi l'insertion d'une barrette prévue pour 3,3V dans un socket prévu pour alimenter des barrettes en 5V.

21.5.6 RDRAM

La **RDRAM (Rambus DRAM)** est un type de mémoire complètement différent qui a été développé par la société RAMBUS Inc en 2000 et qui était destinée aux Pentium IV. Alors que dans les modèles précédents, on essayait de transférer les données sur des bus aussi larges que possible, la RDRAM utilise un canal étroit de 16 bits seulement mais à des fréquences beaucoup plus élevées.

La RDRAM n'a pas connu le succès attendu et trop chère a vite été supplantée par la DDR SDRAM.

Figure 122 – RIMM reconnaissable aux deux détrompeurs très rapprochés Les **RIMM "RDRAM Inline Memory Module"** sont des modules à deux rangées de contacts. Les détrompeurs sont deux encoches très rapprochées. Ces modules RAMBUS ont 184 contacts comme les DIMM - DDR. Les barrettes RIMM sont recouvertes par un boîtier en aluminium qui facilite la dissipation de la chaleur.

21.5.7 DDR SDRAM

La **DDR RAM** "*Double Data Rate*" (double taux de transfert) est une variante de la SDRAM dans laquelle on effectue deux transferts par cycle d'horloge.

Les puces d'une DDR200 fonctionnent donc bien à la fréquence de 100 MHz mais puisqu'il y a deux transferts par cycle cela équivaut à une fréquence de 200 MHz.



Figure 123 - DDR

La conception de cette RAM est assez proche de celle des SDRAM ce qui a permis aux constructeurs de SDRAM de se reconverter en l'an 2000 pour la fabrication des DDR sans investir autant que pour passer aux RDRAM.

Les barrettes DIMM équipées de **DDR RAM** ont 184 contacts et une seule encoche vers le milieu des contacts. La tension d'alimentation est plus basse que pour la SDRAM, elle est ramenée à 2,5 ou 2,6V selon les constructeurs.

21.5.8 DIMM DDR2

La DDR2 tout comme la DDR classique fait deux échanges sur le bus par cycle d'horloge. En interne par contre, elles possèdent deux canaux vers des puces. La fréquence du bus est donc double de celle des composants mémoire ce qui double une fois de plus la bande passante. Cette fois avec des puces cadencées à 100 MHz on parlera de DDR2-400. (Deux échange par cycle sur un bus cadencé à 200 MHz)

Contrairement aux DDR, premières du nom, les DDR2 possèdent 240 contacts. La tension d'alimentation est réduite à 1,8V pour limiter la quantité de chaleur produite.

Ces barrettes sont apparue en 2003 avec des fréquences de 200 et 266 MHz sous les appellations DDR2-400 / PC3200 ou DDR2-533 / PC4200.

21.5.9 DIMM DDR3

La DDR3 (*Double Data Rate 3rd generation*) a succédé à la DDR2 en 2007 en doublant une fois de plus le taux de transfert par rapport à la génération précédente.

En partant de cellules mémoire cadencée à 100 MHz on obtient donc des barrettes DDR3-800.

21.6 Caractéristiques des mémoires

21.6.1 La fréquence

Les mémoires communiquent actuellement à des fréquences de l'ordre de 133, 166 ou 200 MHz. Ces nombres représentent la fréquence du FSB, le bus système. Les désignations des barrettes DDR font référence à la fréquence de la RAM qui vaut le double de la fréquence du FSB puisque pour les DDR il y a 2 transferts par cycle d'horloge. On parle donc de DDR266, DDR333 ou DDR400.

21.6.2 La bande passante

Les échanges étant faits sur un bus de 64 bits, la bande passante se calcule en multipliant la fréquence de la RAM par 8 (64 bits = 8 octets). Ainsi l'appellation DDR400 est tout à fait équivalente à PC3200. Le "3200" fait référence à la bande passante alors que la valeur 400 faisait allusion à la fréquence.

Exemples :

Fréquence FSB	Désignation qui tient compte de la fréquence de la RAM	Désignation qui se réfère à la bande passante
133 MHz	DDR266	PC2100
166 MHz	DDR333	PC2700
200 MHz	DDR400	PC3200
	ou	
	DDR2-400	PC2-3200
266 MHz	DDR2-533	PC2-4200
333 MHz	DDR2-667	PC2-5300
400 MHz	DDR2-800	PC2-6400
	DDR3-800	PC3-6400
533 MHz	DDR3-1067	PC3-8500
667 MHz	DDR3-1333	PC3-10600
800 MHz	DDR3-1600	PC3-12800
1000 MHz	DDR3-2000	PC3-16000

21.6.3 Le timing des RAM dynamiques

Les RAM actuelles sont caractérisées par la fréquence d'une part mais aussi par 4 nombres qui résument leur timing et que nous nommerons ici CL, TRCD, TRP et TRAS. Le premier de ces paramètres, **CL (CAS Latency)** est le plus important. Il est parfois directement inscrit sur les barrettes SDRAM à côté de la fréquence.

L'indication **DDR 133 CL3** signifie par exemple que la RAM est cadencée à 133 MHz, la durée d'un cycle est donc de $1/133 \text{ MHz} = 7,5 \text{ ns}$ et le « CAS Latency Time » est de 3 cycles (donc de $3 \times 7,5 \text{ ns} = 22,5 \text{ ns}$)

Les constructeurs donnent des indications telles que DDR266 133MHz 2.5-3-3-6. Voyons pour comprendre ce que signifient ces 4 nombres ce qu'en disent les spécifications du [JEDEC Joint Electron Device Engineering Council](#), l'organisme de normalisation des composants à semi-conducteur et en particulier des RAM. Les spécifications de toutes ces normalisations sont publiées dans le [catalogue du JEDEC](#).

Voici en quelques mots ce qui ressort de la lecture de leurs [spécifications en ce qui concerne les DDR SDRAM](#) :

La DDR SDRAM contient 4 bancs de RAM dynamique. L'ensemble est raccordé à des tampons d'entrées sorties capables de transmettre aux broches du circuit deux mots de données par cycle d'horloge.

Les accès en lecture/écriture sont prévus pour être la plus souvent en mode rafale. Ils commencent par une commande d'activation d'une ligne suivie par une ou des commandes

de lecture ou d'écriture de colonnes. Les bits d'adresse envoyés pendant la commande d'activation sélectionnent le banc et la ligne. Ils désignent la première donnée de la "rafale".

La DDR est un composant dont le mode de fonctionnement est programmable.

On y configure entre autre la longueur (2, 4 ou 8 locations) et le type de mode rafale (séquentiel ou entrelacé), la latence en lecture (*CAS latency*) et le mode de fonctionnement.

La figure suivante montre la chronologie des principaux signaux :

$\overline{\text{RAS}}$ (*Row Address Strobe*) passe à 0 pour indiquer que le code présent sur les bits d'adresse représente le numéro de la colonne.

$\overline{\text{CAS}}$ (*Col Address Strobe*) fait de même pour indiquer que les bits d'adresse désignent une colonne.

La combinaison des 3 signaux $\overline{\text{RAS}}$, $\overline{\text{CAS}}$ et $\overline{\text{WE}}$ (*Write Enable*) forme des codes de commandes telles que « Activer une ligne », « Lire » =activer une colonne avec $\overline{\text{WE}}=1$, « Ecrire » = activer une colonne avec $\overline{\text{WE}}=0$, « Précharger » = désactiver une colonne etc.

Les broches DQ servent à la connexion du bus des données et DQS (*Data Strobe*) est un signal pour la synchronisation et capture des données.

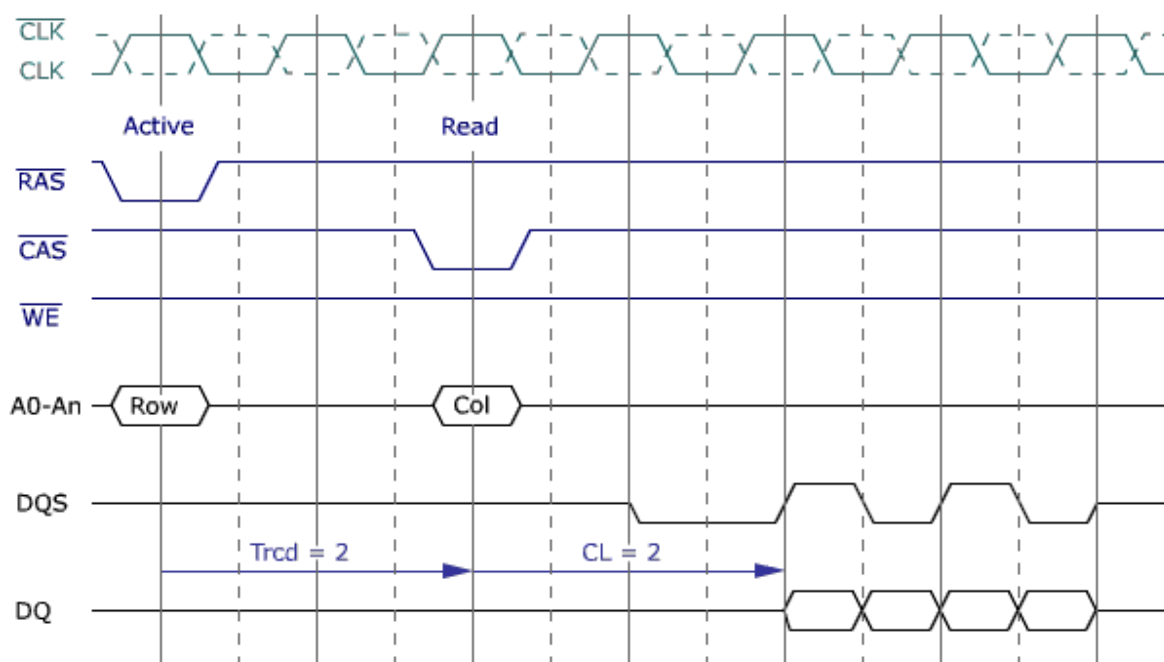


Figure 124 – Timing pour la lecture d'une RAM

La latence en lecture notée ici « **CL** » est le nombre de cycles d'horloge entre la commande READ et l'instant où la première donnée est transmise.

TRCD (*RAS to CAS delay*) est le second nombre souvent renseigné dans les timings.

Il est moins important que CL car ce temps ne concerne que les accès mémoires qui ne sont pas consécutifs sur une même ligne. Ce qui, vu le nombre de bits sur une ligne de la matrice est relativement beaucoup moins fréquent.

Il faut pour passer d'une *row* à la suivante, désactiver la première ligne avant de pouvoir en activer une autre. Le tout doit se faire en respectant deux temps minimum :

- TRP est le temps minimum entre la commande de désactivation (PRECHARGE) et l'activation d'une autre ligne (ACTIVE)
- TRAS est le temps minimum entre deux activations. C'est le quatrième et le plus grand des nombres qui caractérisent le timing.

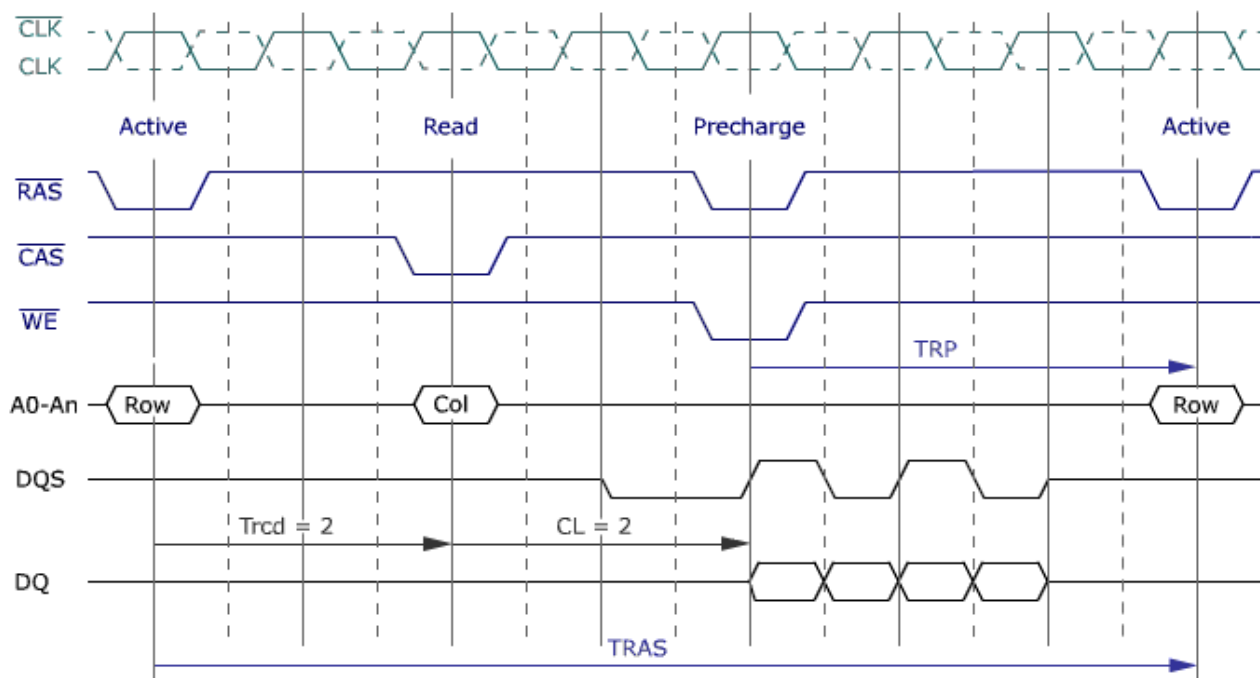


Figure 125 – Les 4 valeurs renseignées pour le timing d'une RAM : CL, Trcd, TRP et TRAS

21.7 Le « Dual channel »

Une autre astuce pour augmenter la bande passante consiste à commander les barrettes DDR de sorte à faire des accès simultanés sur deux barrettes.

Initialement cette technique avait pour but de transformer le bus qui relie le contrôleur mémoire aux barrettes d'une largeur 64 bits en un bus deux fois plus large (128 bits).

Actuellement le double canal est configuré pour permettre des accès simultanés sur deux bus de 64 bits indépendants que se partagent les cœurs du processeur.

L'utilisateur a le choix de monter les barrettes en mode simple ou double canal. Ces cartes mères qui offrent ce choix sont identifiables par les couleurs alternées des sockets mémoire.



Figure 126

Pour être gérées en mode « Dual Channel », les barrettes identiques (même capacité et même fréquence) doivent être montées dans des supports appariés.

Le canal triple (*triple channel*) a fait son apparition avec le processeur Core i7 900

22 Test et diagnostic de la mémoire

22.1 Problèmes imputables aux RAM lors du démarrage

Sans mémoire, un ordinateur ne pourrait pas fonctionner puisque c'est elle qui contient les instructions et les données des programmes. Une mémoire défectueuse pose donc souvent des problèmes dès le démarrage du PC.

Si le PC ne démarre pas, rien ne dit que c'est à cause de la RAM mais le fait de poser cette hypothèse ne nous engage pas à faire de modifications conséquentes.

Si lors du POST (*Power Self Test*) ce programme émet une série de longs ♪ bip ♪, alors c'est certain, les quelques vérifications valent la peine d'être faites. En allant du plus simple au plus compliqué, ne l'oublions pas !

- 1° Vérifions pour commencer que les barrettes sont bien enfichées.
- 2° Si le PC ne démarre toujours pas ou si le BIOS signale toujours la même erreur, testons les barrettes une par une, en redémarrant le PC pour isoler la barrette défectueuse.

Il arrive que les pannes soient dues à une incompatibilité entre composants : la RAM et le chipset ou l'association de deux barrettes de marques différentes. Dans ce dernier cas l'une et l'autre semble fonctionner seule mais une fois remises ensemble cela ne marche plus. Cette hypothèse n'est bien sûr à envisager que si vous venez de faire un changement de la configuration des RAM.

La panne mémoire peut aussi provenir du contrôleur mémoire, intégré au pont nord ou au CPU. La barrette mise en cause peut très bien fonctionner correctement sur une carte mère configurée autrement. Pensez-y avant de jeter la barrette, c'est peut-être la carte mère ou le processeur qu'il faut remettre en cause.

Il se peut aussi que votre mémoire ne puisse fonctionner de manière entièrement fiable compte tenu de la vitesse du processeur ou des timings que le BIOS ou vous-même lui avez imposés. Dans ce cas un timing plus peinant devrait corriger le problème. Sinon, il ne reste plus qu'à changer la mémoire par une autre de meilleure qualité, plus rapide ou supportant des latences plus courtes.

22.2 Défauts intempestifs de la RAM

Vous soupçonnez votre RAM d'être parfois défaillante. Un message sibyllin bourré de codes hexadécimaux vous a mis la puce à l'oreille, ou votre PC se plante soudain durant le chargement de l'OS ou après plusieurs heures de fonctionnement. Une RAM défectueuse pourrait en être la cause.

La suite présente trois utilitaires pour diagnostiquer ce genre de problème.

22.3 MemTest86+

Ce programme gratuit est téléchargeable sur www.memtest.org/.

Il s'installe sur une disquette, un CD ou une clé bootable. Le test est lancé au démarrage du PC avant le chargement de Windows. Il peut de la sorte tester méticuleusement presque l'entièreté de la RAM.

MemTest86+ fait partie des dizaines d'outils tous gratuits que contient le CD que tout dépanneur PC devrait avoir dans sa trousse à outils :

Ultimate Boot CD www.ultimatebootcd.com/

Voir à ce sujet le tutorial:

forum.tt-hardware.com/topic-81564--Tutorial-Ultimate-Boot-CD.htm

22.4 Diagnostic de la mémoire Windows

Windows Vista et 7 incorporent maintenant un outil de diagnostic comparable à MemTest86+. Tapez "diag" dans la zone de recherche du bouton démarrer et le programme en question se présente aussitôt.

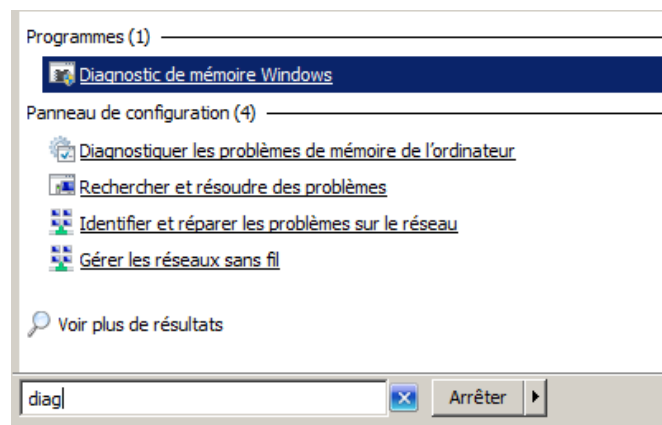


Figure 127 – Comment lancer le programme de diagnostic de Windows

Une fois lancé, une boîte de dialogue vous propose le test immédiat ou lors du prochain démarrage.

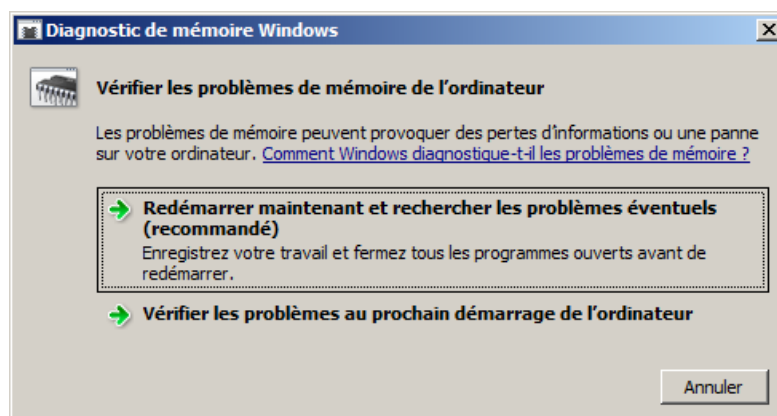


Figure 128 – C'est pour tout de suite ?

Ce diagnostic tout comme MemTest86+ se fait au démarrage de la machine sans que Windows ne soit chargé en mémoire de sorte à pouvoir accéder au plus grand nombre d'emplacements mémoire possible.

Le test est long et minutieux.

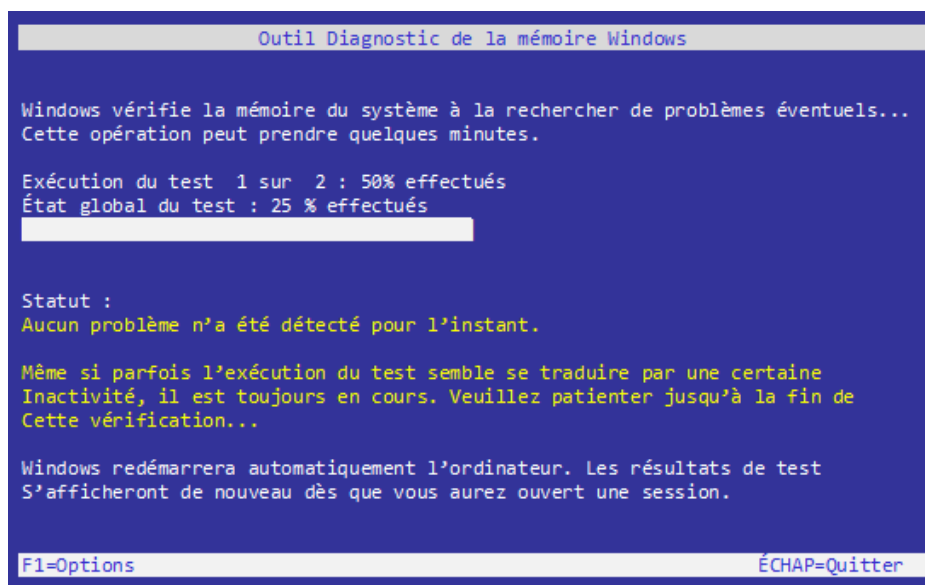


Figure 129 – Outil Diagnostic de la mémoire Windows

L'outil diagnostic propose des options pour allonger ou réduire le test en passant ou non par la mémoire cache (incorporée au CPU). Le test peut même se prolonger indéfiniment (nombre de passe 0). Il est parfois utile de prolonger le test durant plusieurs heures si l'erreur à détecter se présente que rarement.

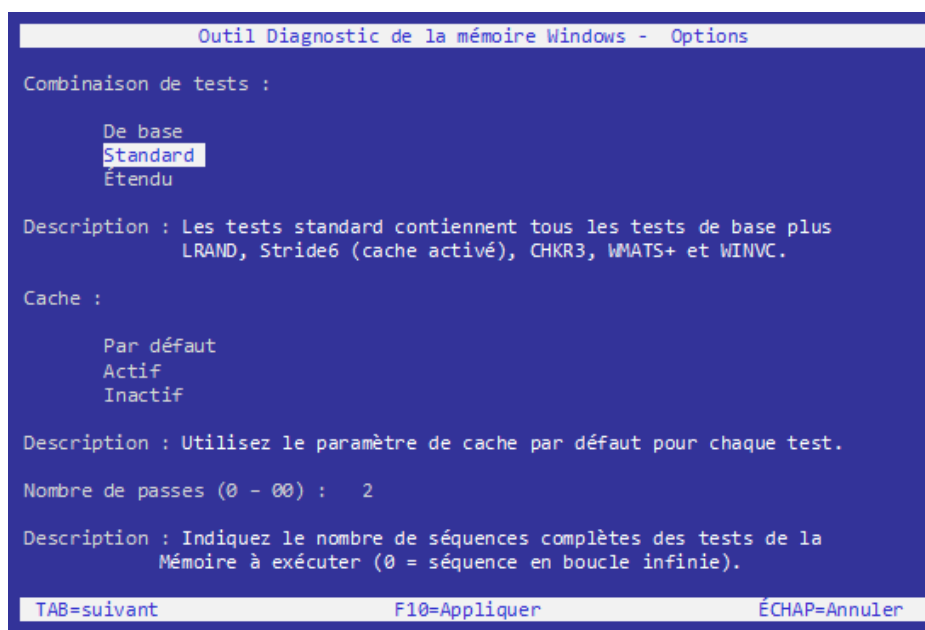


Figure 130 – Options de l'outil diagnostique de la mémoire

22.5 *Memtest*

MemTest existe en version gratuite ou "professionnelle".

Contrairement aux deux programmes présentés plus haut, MemTest est un programme qui se lance depuis Windows. C'est donc une solution plus simple pour un test rapide mais on comprendra que le test est moins complet.

MemTest peut être téléchargé à l'adresse : <http://hcidesign.com/memtest/>

23 Les disques

23.1 Rôle

Le disque dur sert de **mémoire de masse**.

On y enregistre les données et les programmes que l'ordinateur est susceptible de traiter. Les PC sont en général équipés d'un disque dur au moins destiné en partie au système d'exploitation ainsi qu'à la mémoire virtuelle.

Les temps d'accès au disque sont relativement lents si on le compare à la mémoire vive de l'ordinateur mais la quantité d'informations qu'on peut y stocker est de loin plus importante. L'autre avantage du disque dur par rapport à la RAM, est qu'il conserve son contenu en permanence même lorsque l'ordinateur est hors tension.

23.2 Caractéristiques physiques d'un disque dur

Le disque dur se présente sous forme de boîtier le plus souvent d'environ 2 cm d'épaisseur, 14,5 cm de long * 10 cm de large (c'est presque le format A5 des cartes postales). Les disques de portables sont 4 fois moins volumineux (environ 1 * 7 * 10 cm)



- Sous ce boîtier, un circuit imprimé muni des différents circuits contrôle les opérations de lecture et d'écriture.

- A l'arrière : un connecteur à 4 broches reçoit l'alimentation électrique. Les données transitent sur un câble plus large (une nappe) dans le cas des disques IDE ou SCSI. Elles passent par un câble bien plus étroit (2 liaisons séries) dans les cas des disques SATA. Les disques sont généralement munis de cavaliers (*jumper*) pour configurer leurs positions logiques (*master/slave*) dans le cas des disques IDE, un numéro de 1 à 15 pour les disques SCSI, ou plus rarement le mode de fonctionnement de certains disques SATA.

- A l'intérieur, un empilement de plateaux tourne en permanence à grande vitesse, actuellement 7200 tr/min est une vitesse courante. Ces plateaux sont en aluminium et sont recouverts en surface d'une fine épaisseur de matériau magnétique. Un ensemble de bras déplace les têtes de lecture/écriture qui, de part et d'autre des disques, en effleurent les surfaces en flottant sur un coussin d'air de quelques nanomètres d'épaisseur.

La mécanique de l'ensemble est d'une extrême précision. L'espace entre une tête de lecture est infime et la vitesse de la surface du disque par rapport à ces têtes est de l'ordre de 100 km/h.

A cette vitesse, le moindre grain de poussière qui viendrait s'immiscer entre la tête qui flotte sur une pellicule d'air de quelques dixièmes de microns de la surface du disque y provoquerait de sérieux dégâts. Le boîtier est donc scellé et bien qu'un orifice y permette l'entrée de l'air, celui-ci devra parcourir une chicane ou traverser des filtres pour éviter qu'il ne transporte des poussières. Cet échange d'air avec l'extérieur permet d'équilibrer les pressions internes et externes quand la pression atmosphérique fluctue.

Inutile de préciser que le disque ne peut absolument pas être voilé et être assez rigide pour éviter que les plateaux ne vibrent. D'où l'appellation HD *Hard Disc* (disque dur) par opposition au "*floppy disc*" (disque souple).

Les têtes de lecture/écriture se déplacent simultanément pour lire ou écrire sur des pistes concentriques numérotées depuis l'extérieur du plateau en commençant par le numéro 0. Un ensemble de pistes superposées forme ce qu'on appelle un cylindre.

Les pistes sont divisées en secteurs de 512 octets.

Le nombre de cylindres, de têtes et de secteurs forment ce qu'on appelle la géométrie du disque. [CHS : *Cylinder-Head-Sector*] Ces paramètres sont généralement indiqués sur le couvercle du boîtier. Voici par exemple ce que vous pourriez y lire :

Drive Parameters : 1654 cyl - 16 heads - 63 spt - 853.6 MB

Jadis, l'adressage d'un emplacement sur le disque se faisait en sélectionnant successivement un cylindre, une tête puis un secteur ; exemple : cylindre 8, face supérieure du disque 2, secteur 36. Le nombre de cylindres était alors limité à 1024, le nombre de têtes à 16 et le nombre de secteurs à 63. La taille des disques était donc limitée à 512 Mo.

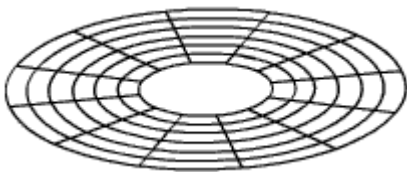


Figure 131
*Anciennement, le nombre de
secteur par piste était fixe*

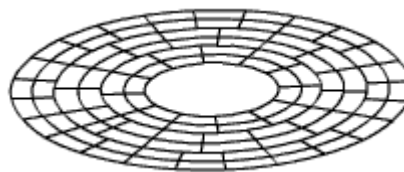


Figure 132
*Le nombre de secteur varie
maintenant par zone afin de mieux
rentabiliser la longueur des pistes*

Depuis une quinzaine d'années le nombre de secteurs par piste n'est plus constant. Il y a place pour plus de secteurs sur les pistes de la périphérie que pour celles plus proches du centre. Puisque l'interruption logicielle INT 13H du BIOS via laquelle se font les commandes de lecture/écriture des disques accepte 8 bits pour la sélection de la tête. Le nombre de tête peut théoriquement passer à 256. La limite était donc de 1024 pistes x 256 têtes x 63 secteurs soit 8,4 Go. Ces paramètres sont bien sûr convertis au niveau du BIOS qui simule cette commande en la réalisant autrement, puisque, en pratique, il est impossible de placer autant de têtes et de plateaux.

Depuis 1998, l'adressage des disques se fait exclusivement en mode LBA *Logical Bloc Addressing*

La barrière des 8,4 Go est définitivement franchie.

23.3 Les contrôleurs de disques

On rencontre dans les PC actuels trois types de contrôleurs des disques durs :

IDE ou plus exactement EIDE (*Enhanced IDE*) aussi appelé ATA

SCSI (*Small Computer System Interface*)

et SATA (*Serial ATA*)

- Les disques SCSI nécessitent des contrôleurs de bus SCSI que l'on trouve sur des cartes d'extension ou parfois intégrés directement au chipset de la carte mère. Suivant la version du BUS SCSI on peut y connecter 7, 15 ou 31 périphériques.

- Les contrôleurs IDE travaillent en liaison avec le BIOS de la carte mère. Il y a en général deux ports IDE de prévus sur la carte mère, IDE1 et IDE2 encore appelé "*Primary*" et

"Secondary". Il est possible de connecter deux lecteurs sur chacun d'eux ; un lecteur est dit "maître" (*master*), l'autre "esclave" (*slave*).

23.4 Disques et interfaces IDE

L'interface **IDE** ou **ATA** était le plus courant dans le monde des PC jusqu'en 2007 ou 2008.

L'appellation "interface **IDE**" pour *Integrated Drive Electronics* indique qu'une grande partie de l'électronique de l'interface est intégrée au disque, ce qui à l'origine n'était pas toujours le cas, les contrôleurs étaient sur des cartes séparées, enfichées dans les slots ISA.

L'appellation "interface IDE" est synonyme de "interface **ATA**" : *AT Attachment* (connexion AT) qui indique que cette interface a été conçue pour se connecter au bus 16 bits d'un PC de type AT. (les premiers PC 16 bits)

Le connecteur IDE ne reprend en principe que 40 des 96 fils du bus ISA 16 bits.

L'interface ATA a ensuite reçu une extension nommée ATAPI (*AT Attachment Packet Interface*) Elle permet d'utiliser le même matériel pour les lecteurs CD-ROM, des lecteurs de bandes magnétiques, les graveurs et les DVD pour autant que le système dispose d'un pilote de périphérique ATAPI désormais intégré au système d'exploitation. (Les anciens se souviendront que ce n'était pas le cas à l'époque du DOS)

L'interface ATA a une largeur de 16 bits, autrement dit le câble véhicule simultanément 16 bits en parallèle. Depuis fin de l'an 2000 un autre système, le Serial ATA = SATA permet d'utiliser des câbles beaucoup plus fins puisqu'ils transmettent qu'un bit à la fois mais bien évidemment à une cadence plus élevée. Bien que le hardware soit différent ces 2 interfaces sont compatibles au niveau logiciel.

23.5 Evolution du standard IDE / ATA

L'interface ATA a évolué en donnant lieu à plusieurs versions ATA-2, ATA-3, ... ATA-6, EIDE pour Enhanced IDE ou encore Fast-ATA, ultra-ATA ou ultra-DMA.

23.5.1 Le câble ATA

Les câbles à 80 fils permettent la sélection par câble. Les connecteurs y sont de couleurs différentes. Le connecteur bleu doit être raccordé à la carte mère. Le connecteur noir à l'autre extrémité est destiné au disque "maître" tandis que le connecteur gris en position intermédiaire est destiné au disque dit "esclave". On veillera à configurer les disques IDE afin que la sélection maître - esclave se fasse par le câble (*cable select*).

Remarque :

Ces appellations Maître / Esclave laissent supposer qu'il y a une sorte de hiérarchie entre ces disques, ce n'est absolument pas le cas !

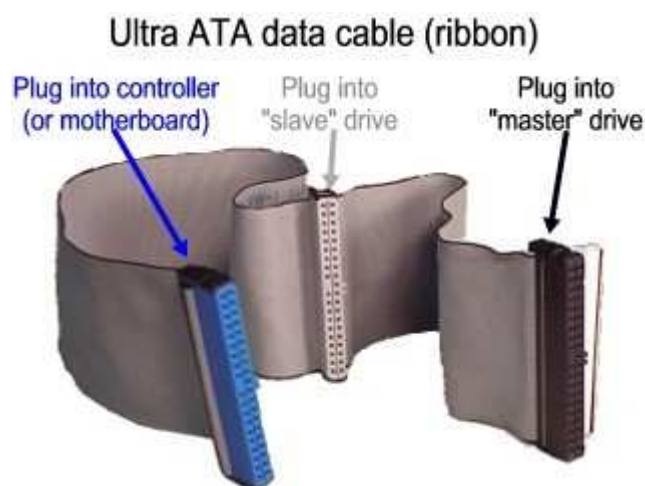


Figure 133 – Nappe IDE à 80 conducteurs

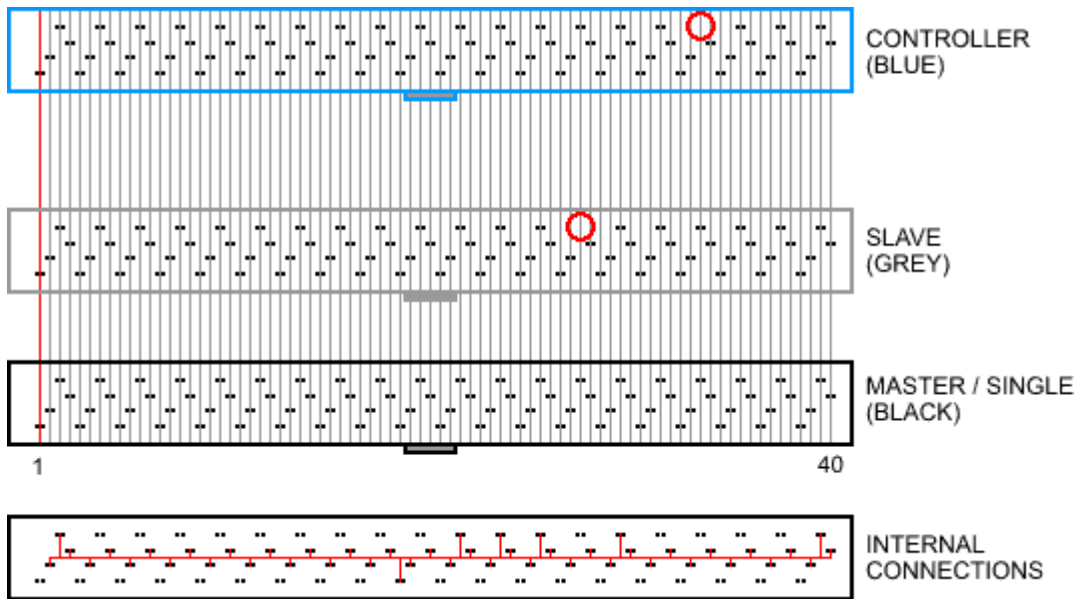


Figure 134 – Les trois connecteurs de la nappe IDE ne sont pas identiques

En principe, le connecteur 40 broches possède un détrompeur et la connexion n°20 est obturée. Ce n'est malheureusement pas toujours le cas notamment avec les disques les plus anciens. Un moyen simple pour vérifier que le câble est à l'endroit est de vérifier que le fils n°1 qui a une couleur différente est mis du côté de l'alimentation.

Quatre broches supplémentaires sont prévues pour l'alimentation des disques 2''1/2 qui équipent les ordinateurs portables.

23.5.2 Comment configurer les jumpers d'un disque IDE ?

Les *jumpers* ou cavaliers servent à indiquer si le disque est seul sur le câble ou quand il partage le même câble qu'un autre disque s'il doit être considéré comme "maître" ou comme "esclave". Souvent une étiquette sur le boîtier schématise sommairement les différentes configurations. Ces configurations varient d'un fabricant à l'autre.

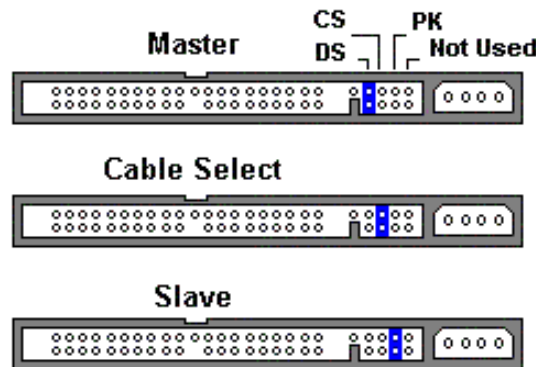


Figure 135 Positionnement des cavaliers pour assigner l'adresse d'un disque sur la nappe IDE

23.6 Disques et interface SCSI

SCSI (prononcez « skouzi ») pour *Small Computer System Interface* est le nom d'un bus pour la gestion d'une grande variété de périphériques internes et externes : disques durs, disques optiques, systèmes RAID à lecteurs multiples et aussi imprimantes, scanners, plotters, etc.

Le nombre de périphériques pouvant être connectés à ce bus est plus important qu'avec l'IDE. Il est de 7, 15 ou 31 périphériques suivant l'évolution de la norme SCSI. La longueur du câble peut aller de 12 à 25m pour le SCSI parallèle (SCSI-1 et SCSI-2) et va jusqu'à 75 pour le SCSI-3 (communication série). Ces câbles sont munis de résistance de terminaison qui, à la manière des bouchons sur les câbles coaxiaux qui anciennement équipaient les réseaux, permettent d'éviter les réverbérations des signaux.

Une autre spécificité essentielle du bus SCSI par rapport à l'IDE, est que l'intelligence des contrôleurs est déportée vers le périphérique. Dans le cas d'un disque cela signifie que le contrôleur prend lui-même en charge des fonctions qui n'ont plus à être commandées par le processeur.

23.7 Disques durs externes

Ce sont des disques de différents formats 5"1/4, 3"1/2 ou 2"1/2 placés dans des boîtiers que l'on raccorde au PC via une interface USB ou Firewire.

On trouve des boîtiers externes sans disque qui coûtent entre 10 et 30 €. Ils contiennent une petite carte électronique qui assure l'interface entre l'USB (USB2.0 par exemple à 480 Mbps) et l'interface ID ou SATA pour y connecter un disque traditionnel.

Il est possible de brancher / débrancher ces disques à chaud autrement dit sans que le système ne soit mis hors tension. L'intérêt de ces disques est qu'ils sont faciles à installer pour ajouter un espace de stockage aux PC (pour y archiver des données ou faire des backups) ou encore pour transporter des volumes importants de données sur des supports relativement petits.

23.8 Disques durs NAS

Ce sont des disques placés dans des boîtiers qui les rendent accessibles par le réseau et parfois par une connexion USB. Ces boîtiers renferment un micro-ordinateur avec le plus souvent Linux comme système d'exploitation. Les données sont alors disponibles sur le réseau et parfois même via Internet via un serveur ftp intégré.

24 Le RAID

Le RAID (initialement *Redundant Array of Inexpensive Disks*, puis *Redundant Array of Independent Disks*, traduisez "Ensemble redondant de disques bon marché ou indépendants") est une technique qui consiste à utiliser plusieurs disques durs simultanément en les faisant apparaître comme un seul lecteur. Le but est d'accroître la vitesse des accès en traitant plus de données en parallèle et/ou de sécuriser les données des disques par l'ajout d'informations redondantes.

Le concept du RAID fut lancé en 1987 à l'université de Berkeley par un article qui décrivait six manières différentes de regrouper des disques. Ces configurations ont été numérotées de 0 à 5. On les désigne par des "niveaux RAID" ou "*RAID levels*" : RAID 0 à RAID 5.

D'autres architectures RAID sont apparues par la suite (6 et 7) et des constructeurs proposent des RAID à plusieurs niveaux : 0+1, 1+0 ou 5+0 par exemple.

La gestion d'un RAID se fait de manière logicielle ou matérielle. La solution logicielle dépend du système d'exploitation et utilise les ressources mémoire et CPU du système, il s'agit d'un driver qui combine plusieurs disques en un seul lecteur logique. La solution matérielle est indépendante du système d'exploitation. Elle recourt à un circuit contrôleur RAID actuellement de plus en plus souvent intégré à la carte mère. Ce circuit contrôle les commandes envoyées à la grappe de disque, ce qui allège le travail du processeur.

RAID 0

Cette technique, le "*stripping*" implique un minimum de deux disques. En fait, au lieu de parler de RAID on devrait ici parler de "AID" puisque ici on n'ajoute pas de redondance pour être plus fiable. Les données sont découpées en bandes (en anglais : *strips*) constituées d'un nombre fixe de secteurs. Ces bandes sont ensuite réparties entre les disques de manière à partager le travail lors d'accès à des données volumineuses. Une requête d'entrée sortie qui concerne plusieurs bandes consécutives sollicite donc plusieurs disques simultanément. Chacun peut répondre plus vite puisqu'il aura moins à faire.

Cette technique augmente la vitesse de leurs transferts mais n'assure pas la sécurité des données. Si un disque tombe en panne, la totalité des données est perdue.

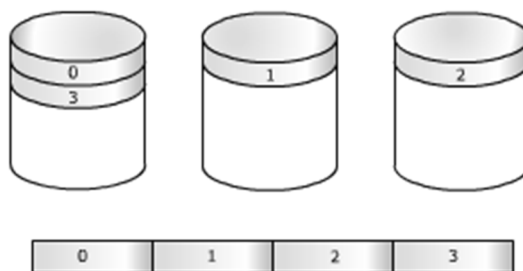


Figure 136
Enregistrement de quatre bandes sur
une grappe de trois disques en RAID 0

Raid 1

Le principe du RAID 1, le *mirroring* consiste à dupliquer les données sur deux disques (ou plus mais toujours un nombre pair), de ce fait, si un disque tombe en panne, l'autre disque contenant la copie de ses données prend alors le relais. Ce remplacement peut en plus se faire sans éteindre l'ordinateur, option avantageuse pour les serveurs qui ne peuvent pas être arrêtés. On parle dans ce cas de tolérance de pannes puisque ce système assure la continuité du service.

Les performances en vitesse sont fort semblables à celle d'un disque unique. Lors des requêtes d'écriture, c'est du disque le plus lent que va dépendre la durée de l'opération. Pour les lectures, il est possible de répartir les requêtes de sorte à partager le travail et à améliorer ainsi la bande passante.



Figure 137
*Enregistrement de quatre bandes
sur deux disques en miroir*

RAID 10 ET RAID 0+1

Certains constructeurs proposent ces systèmes RAID à deux niveaux qui combinent le RAID 1 et le RAID 0 pour assurer simultanément sécurité (RAID1) et vitesse (RAID 0).

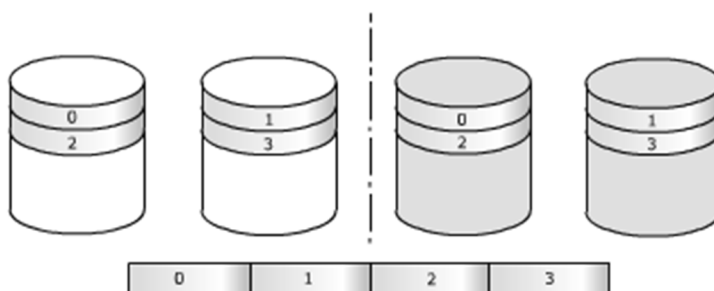


Figure 138
*RAID 01 (mirror of stripes)
ou RAID 10 (stripe of mirrors)*

RAID 2

Le RAID 2 est une configuration imaginée en 1988, en même temps que les autres configurations RAID mais qui s'est révélée inappropriée après coup. Elle n'est jamais utilisée.

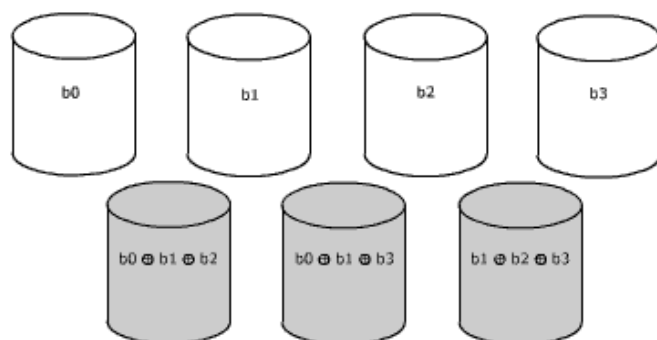


Figure 139 - RAID 2

Au lieu de couper les données en bandes d'un ou plusieurs secteurs on les subdivise en mots de quelques bits ou octets qu'on disperse sur les disques en ajoutant des codes de contrôle et de correction d'erreurs. Imaginez par exemple quatre disques qui se partagent des mots de 4 bits. Les concepteurs du RAID 2 envisageaient de placer 3 disques supplémentaires afin d'y enregistrer 3 bits de contrôle calculés de sorte à pouvoir corriger une erreur qui viendrait se glisser dans l'un de ces 7 disques. (Code de Hamming)

Raid 3

Le RAID 3 tout comme le RAID 2 égraine les données en mots au lieu de les partager en bandes de un ou plusieurs secteurs. La méthode de contrôle et correction consiste à utiliser un disque redondant en tant que disque de parité. Les accès se font en parallèle.

Exemple : 5 disques pour stocker des données organisées en mots de 32 bits. Les 32 bits sont partagés en 4 octets. Chaque octet est dirigé vers un disque différent. Un cinquième octet, calculé à partir des quatre premiers, est copié sur le cinquième disque. Ce calcul, un OU exclusif ou ce qui revient au même, la détermination d'un bit de parité, permet de retrouver n'importe quel octet à partir des quatre autres. A la lecture, le contrôleur RAID vérifie chaque combinaison des 5 octets avant de rendre les 32 bits initiaux. La moindre défaillance d'un disque est vite détectée et corrigée.

Dans ce système les têtes de lecture/écriture des disques sont synchronisées en permanence. Ce système est à la fois rapide et tolérant aux pannes. Il est surtout efficace pour les gros volumes de données, les serveurs vidéo par exemple.

Quand un des disques tombe en panne, les données peuvent être reconstituées à partir des disques restés intacts. Si par contre, plusieurs disques tombent en panne, il devient alors impossible de restituer les données.

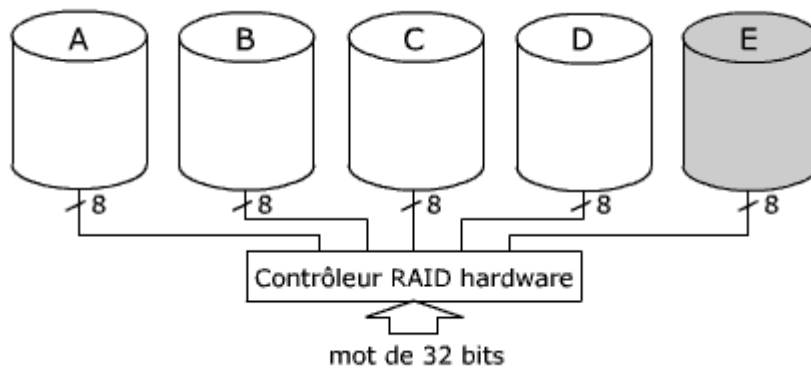


Figure 140 – RAID 3

Raid 4 et 5

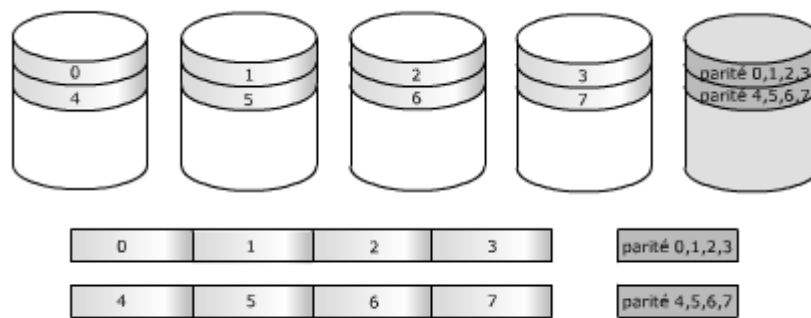


Figure 141 – RAID 4

Les RAID 4 et 5 ressemblent au RAID 3 mais sans forcer les disques à travailler en synchronisme car au lieu de subdiviser chaque mot en fragments envoyés simultanément vers chaque disque, il travaille comme le RAID 0 ou le RAID 1, avec des bandes. Dans le RAID 4, les n premiers disques reçoivent n bandes, le disque redondant reçoit un bloc de données calculé par un OU-exclusif à partir des n bandes précédentes. Le RAID 5 est une variante où la bande de parité occupe tour à tour chacun des disques.



RAID 5

25 CD et DVD

26 Les périphériques

26.1 Définition

On appelle périphérique tout composant matériel qui se connecte à l'unité centrale. Il existe en principe des périphériques d'entrée, tels que le clavier et la souris, et des périphériques de sortie comme l'écran et l'imprimante. Mais bien souvent, les périphériques servent à la fois à entrer et à sortir des données. C'est le cas des appareils réseau comme les appareils réseau, des disques et des clés USB. Autres exemples de périphériques d'entrée/sortie : le scanner est en principe un périphérique d'entrée mais en réalité les communications avec l'ordinateur sont bidirectionnelles puisque le scanner est commandé par des programmes de l'ordinateur. A l'inverse, une imprimante est en principe un périphérique de sortie, mais là aussi les communications entre l'imprimante et l'ordinateur se font dans les deux sens afin que l'imprimante puisse informer le PC de l'état des cartouches d'encre, de l'absence de papier, de l'état de son spooler, etc.

Aux périphériques nécessaires au fonctionnement du PC, s'ajoutent aussi tous les appareils portables qui s'interconnectent à l'informatique : PAD, APN, GPS, GSM, ... La connexion de ces gadgets portables au PC devient transparente puisqu'ils peuvent maintenant se connecter directement au réseau et à Internet, souvent même par une connexion sans fil.

Les périphériques dont nous venons de parler sont des « périphériques externes ». Paradoxalement, on parlera aussi dans certaines circonstances de « périphériques internes ». On désigne de la sorte les éléments tels que les disques et lecteurs, les supports amovibles ou encore les composants électroniques qui servent d'interfaces à tout ce qui est connecté au processeur sur des cartes d'extension ou de plus en plus souvent directement sur la carte mère.

26.2 Système d'exploitation et pilotes de périphériques

Les applications, pour pouvoir commander les périphériques, devraient connaître chacune des particularités de tous ces appareils, quelles que soient leurs marques, leurs dates de fabrication et leurs versions. Et cela même si le périphérique est construit après l'application. C'est évidemment impossible ! Pire encore, il faudrait que les applications se partagent ces ressources sans entrer en conflit. Nous avons vu que c'est là un des rôles du système d'exploitation. L'OS (*Operating System*) qui sert d'intermédiaire entre les applications et les périphériques a donc besoin d'au minimum un complément d'informations pour y arriver.

Chaque périphérique est constitué de composants électroniques et souvent de contrôleurs programmables propres à la marque et au modèle du périphérique en question. Il faut pour les commander des programmes spécifiques appelés pilotes de périphériques (*device driver*). Un pilote est un ensemble de fonctions logicielles qui permet à l'OS de savoir comment utiliser les périphériques.

Les systèmes d'exploitation intègrent initialement les pilotes les plus répandus ainsi que des pilotes génériques capables de gérer les fonctions de base d'ensembles de périphériques similaires et compatibles entre eux. Pour les périphériques inconnus du système d'exploitation, car plus récents ou peu courants, l'installation des pilotes se fait lors de l'installation du périphérique via un CD d'installation ou après avoir téléchargé ce pilote sur le site du constructeur.

Les pilotes des périphériques qui succèdent à la distribution des premières versions des systèmes d'exploitation y sont parfois réintégrés par la suite. On peut alors les récupérer en faisant des mises à jour de l'OS. Ces « *updates* » servent aussi à l'amélioration des pilotes existants.

26.3 Gestionnaire de périphériques

Sous Windows XP :

Clic droit sur le Poste de travail

- > Propriétés (= touches **Win + Pause**)
- > onglet "Matériel"
- > Gestionnaire de périphériques

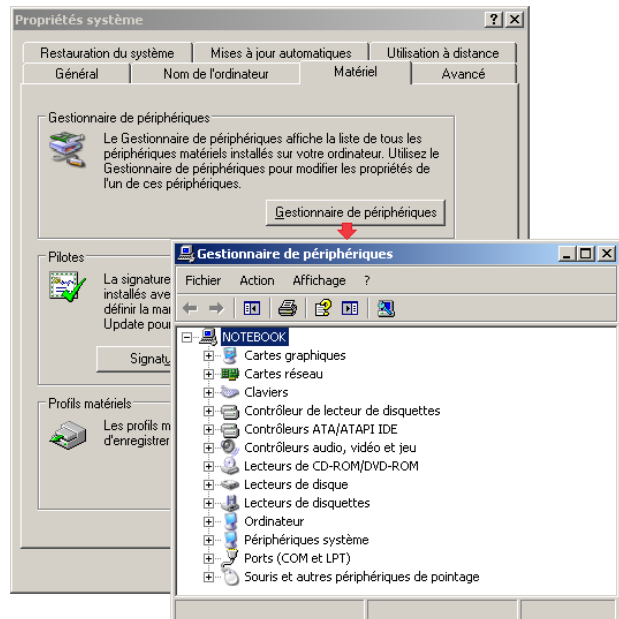
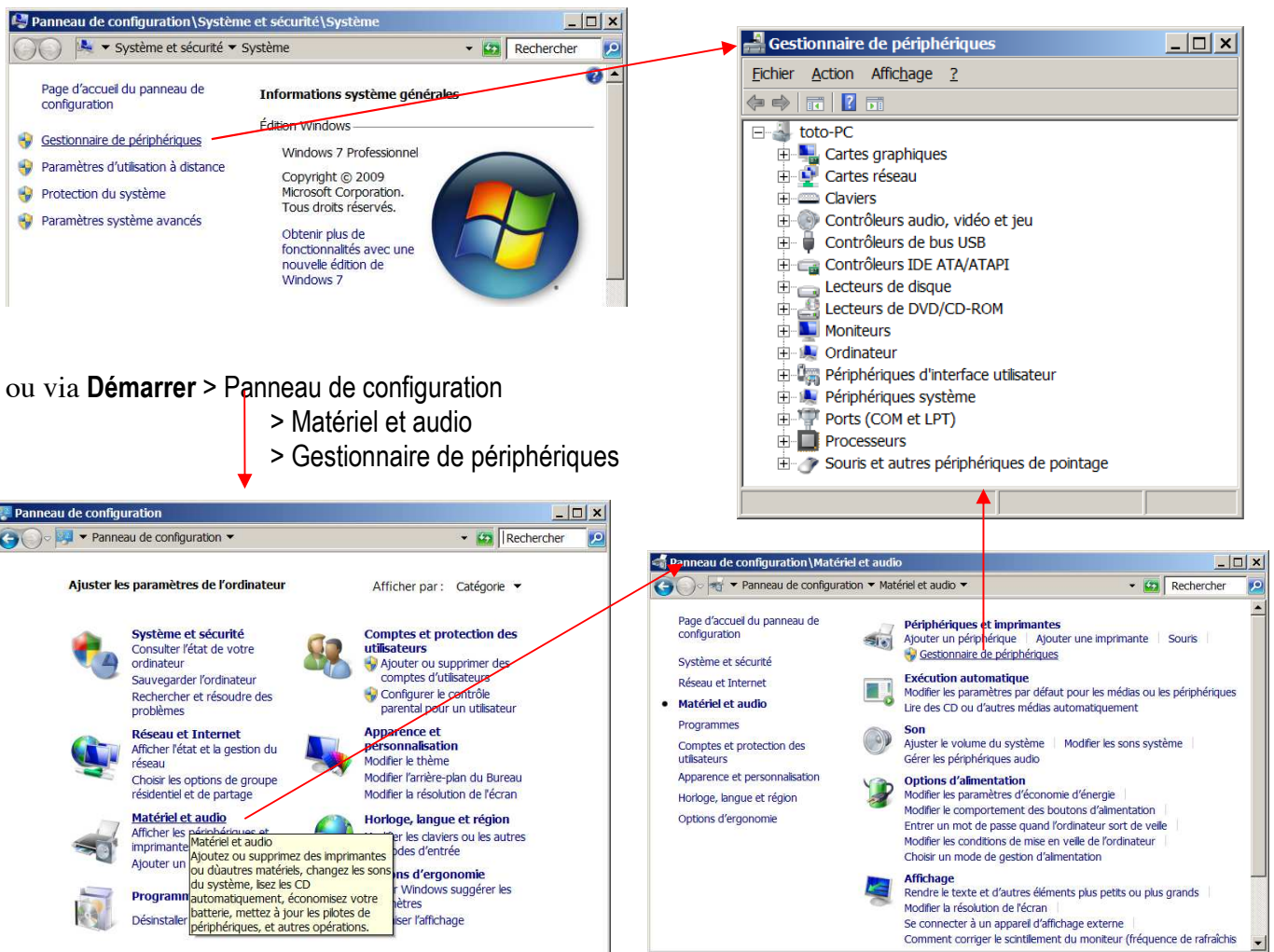


Figure 142 – Appel du gestionnaire de périphérique en passant par les propriétés du poste de travail

Sous Windows 7, l'accès à la fenêtre du gestionnaire de périphériques peut aussi se faire de diverses manières.

Exemples : Via les **propriétés du poste de travail** (Clic droit sur poste de travail ou touches **Win+Pause**)



ou via **Démarrer** > Panneau de configuration
 > Matériel et audio
 > Gestionnaire de périphériques

Quelle que soit la version de Windows, le gestionnaire de périphériques est toujours accessible par la commande MMC DEVMGMT.MSC lancée en mode invite de commande ou encore en passant par la commande **Gérer** du menu contextuel obtenu par un clic droit sur le poste de travail :

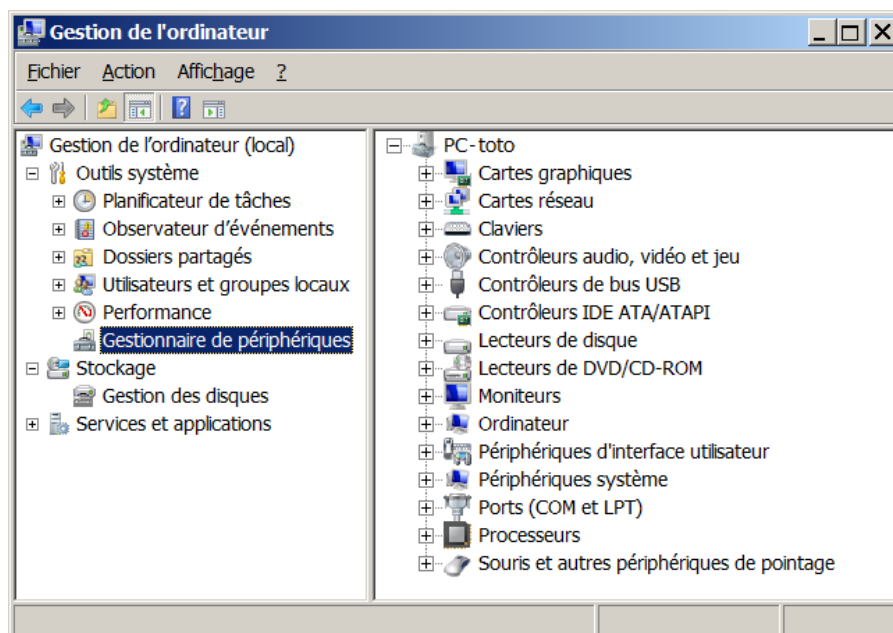


Figure 143 – Gestion de l'ordinateur (Clic droit sur le poste de travail > Gérer)

Le gestionnaire de périphériques donnera d'emblée un premier aperçu sur l'état de marche des périphériques. Ceux pour lesquels les pilotes ne conviennent pas sont marqués par un point d'interrogation et/ou d'exclamation jaune :



Un clic droit sur ces périphériques permet d'en consulter les propriétés et de poursuivre en recherchant un pilote adapté.



La première chose à faire pour apprendre à utiliser le gestionnaire de périphériques est certainement d'utiliser l'aide et de lire les informations qui s'y trouvent.

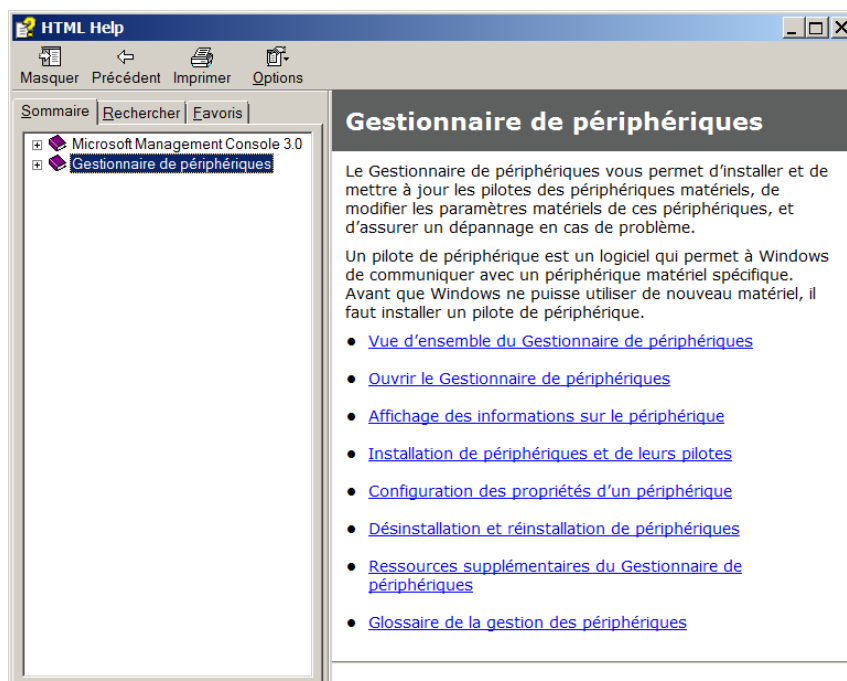


Figure 144- Une aide : la documentation du gestionnaire de périphérique

26.4 *Mise à jour d'un pilote de périphérique*

En français = « *Update du device driver* »

26.4.1 *Quand et pourquoi faire une mise à jour ?*

L'optimisation des performances du PC est une obsession que les éditeurs de magazines informatiques ont bien compris. Il n'y a qu'à, pour s'en persuader, lire les titres qui figurent continuellement sur leurs couvertures : « Gardez Windows au top », « Boostez votre PC », « Améliorez les performances », etc. Puis viennent les recommandations qui n'engagent à rien mais qui permettent tout en disant des banalités de pondre facilement quelques articles en prodiguant quelques vagues conseils tels que « mettez vos pilotes à jour ». Souvenons-nous cependant de l'adage « Les conseillers ne sont pas les payeurs ». Pourquoi vouloir toujours la dernière version d'un logiciel ou d'un pilote ? Apporte-t-elle de nouvelles fonctionnalités ? Ces fonctionnalités vous manquent-elles ? Ou s'agit-il simplement d'un gadget, d'un look un peu différent ?

Quelles sont les raisons impérativement d'une mise à jour ?

Une fonctionnalité essentielle manquante, un dysfonctionnement à résoudre, la recommandation de l'éditeur de logiciel pour faire face à une faille de sécurité. Mis à part ces raisons sérieuses, n'est-il pas plus sage de ne toucher à rien ?

La mise à jour d'un pilote concerne le système, autrement dit les tréfonds les plus obscurs et les moins commentés d'un ordinateur. Si ce système fonctionne et avant de faire quoi que ce soit, la première chose à faire est une sauvegarde ou un point de restauration. Négliger cette précaution vous laisserait en cas de malchance devant un obstacle souvent insurmontable sans recourir à une solution extrême telle que le reformatage et toute la perte de temps et les réinstallations qui s'en suivent.

26.4.2 *La mise à jour d'un pilote à partir du gestionnaire de périphériques*

Sélectionner le périphérique dont on souhaite mettre à jour le pilote, puis lancer la mise à jour de l'une de ces façons :

- Un clic droit sur le nom de ce périphérique donne directement accès à la commande **Mettre à jour le pilote ...** dans un menu contextuel.
- Un double clic sur le nom du pilote ouvre la fenêtre de propriété où l'on retrouve la commande **Mettre à jour le pilote ...** dans l'onglet Pilote

Exemple : Mise à jour du pilote d'un moniteur

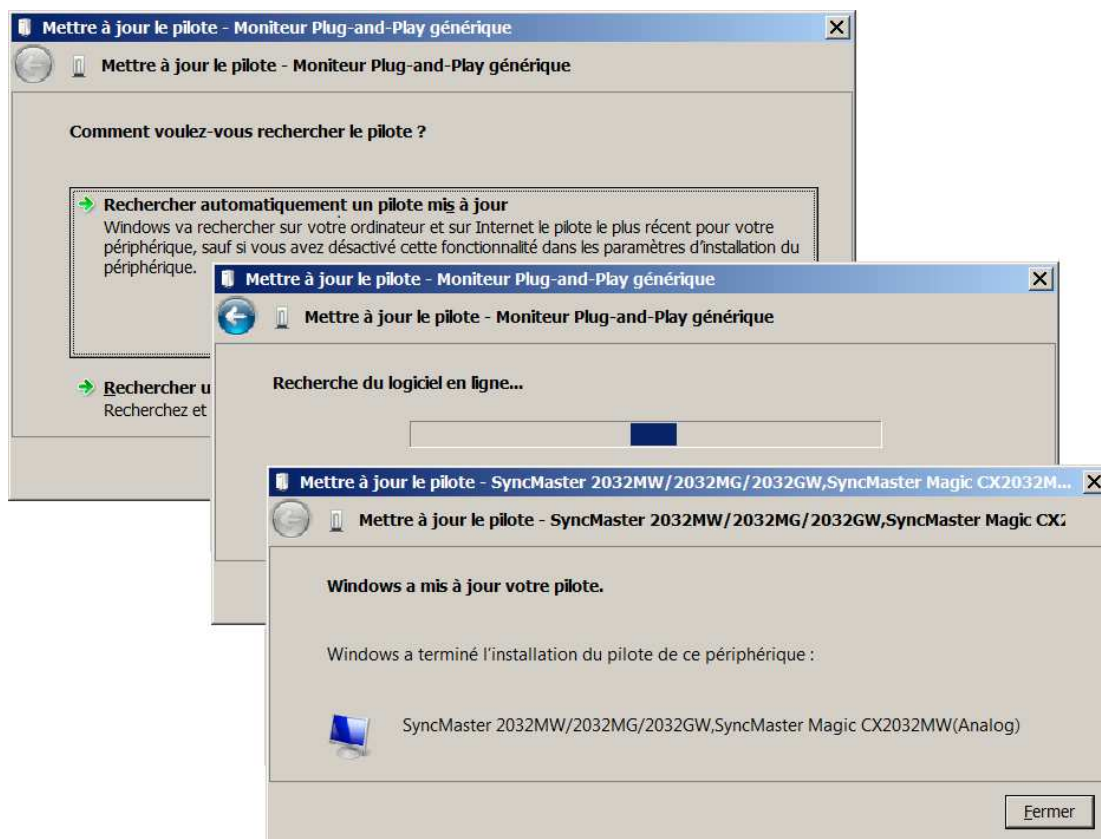


Figure 145 – Séquence des boîtes de dialogue pour la mise à jour du pilote d'un moniteur

Cette mise à jour a été réalisée sous Windows 7. Le pilote initial était un pilote générique. Il fonctionnait correctement mais le moniteur installé et identifié par le gestionnaire de périphérique dispose probablement de caractéristiques particulières mieux utilisées par le nouveau pilote.

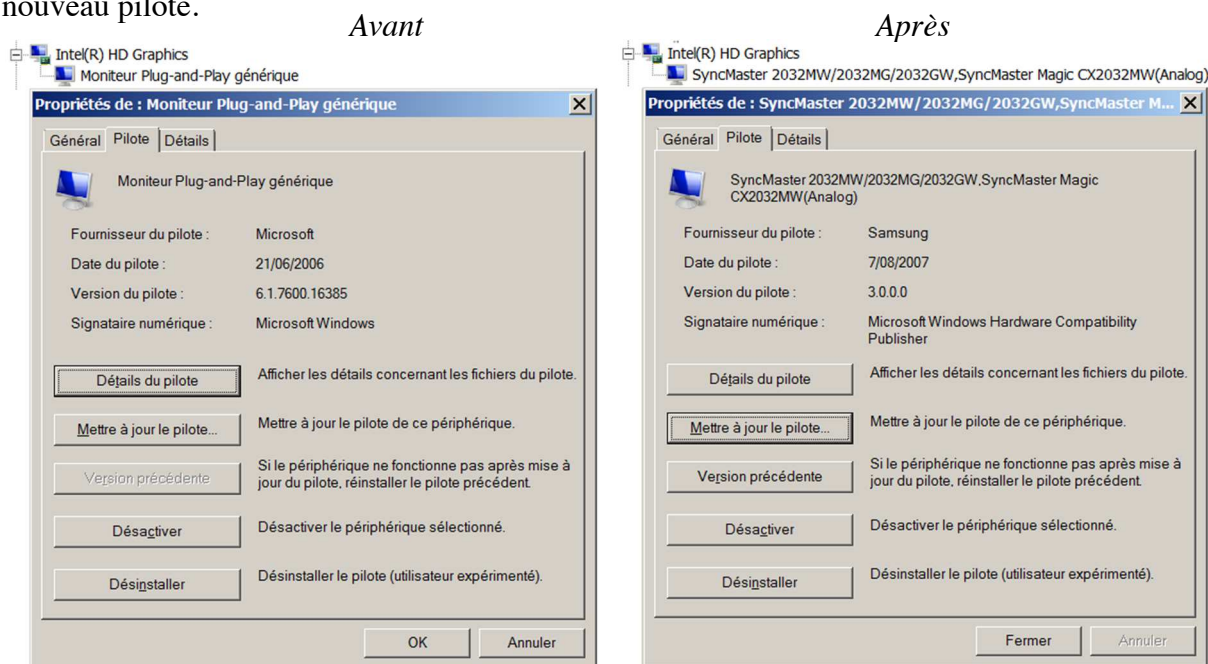


Figure 146 – Avant et après la mise à jour.

Le pilote mis à jour peut en cas de problèmes être retiré. Les figures précédentes montrent que le retour à la version précédente est toujours possible.

26.4.3 Outils de vérification des pilotes

L'interactivité du gestionnaire de périphériques de Windows convient parfaitement pour tester, mettre à jour et configurer le hardware et les pilotes. Rien cependant n'est prévu dans ce gestionnaire pour garder une trace écrite des opérations et tests réalisées. Il serait intéressant en effet de garder des rapports sous formes de documents pouvant être analysés à posteriori ou comparés entre eux pour reconstituer l'historique des configurations de PC ou pour faire des comparaisons de différentes configurations. Il existe des outils spécialisés pour élaborer tels documents, certains en provenance de Microsoft lui-même et d'autres proposés sur Internet.

26.4.4 Sigverif

SIGVERIF est une commande à taper en mode ligne de commande. Elle vérifie que les pilotes sont signés numériquement par Microsoft. Les pilotes non signés pourraient (au conditionnel ...) n'être pas parfaitement adaptés à Windows et être à l'origine de défaillances.

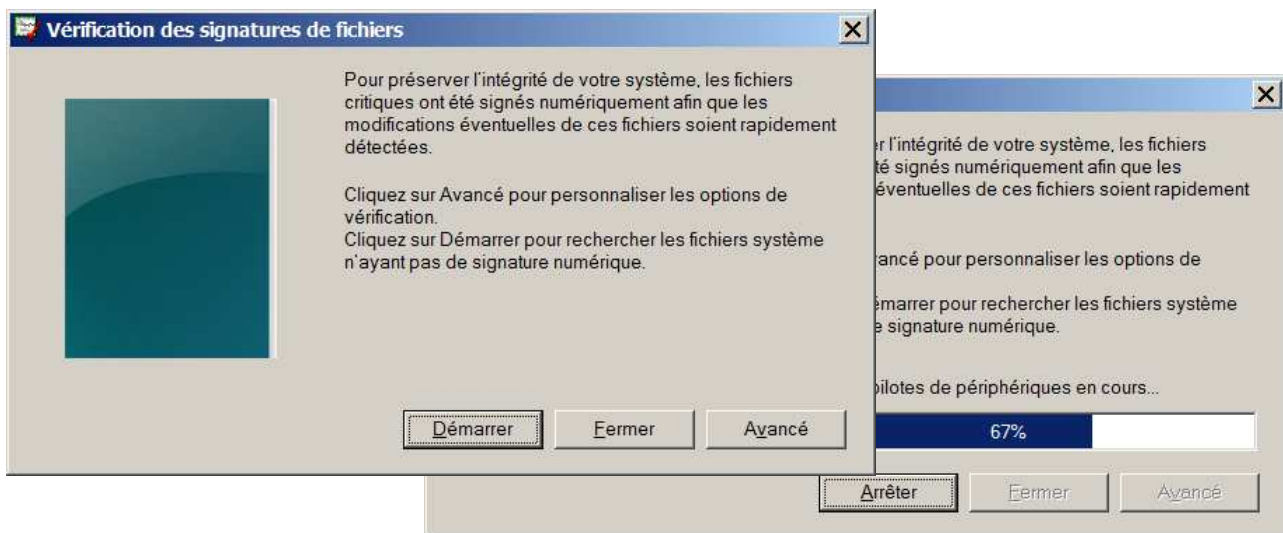


Figure 147 – Détection des fichiers qui ne seraient pas signés par Microsoft ou qui auraient été modifiés depuis.

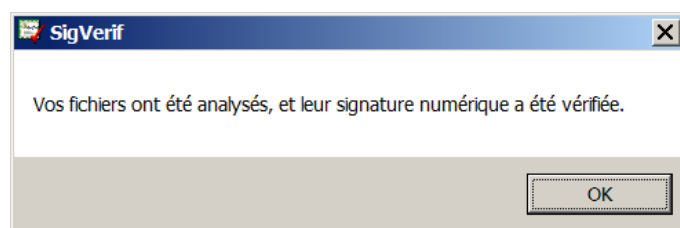
La commande produit un « Journal » Sigverif.txt qui donne la liste de tous les pilotes en indiquant pour chacun s'ils sont signés ou non. En cas de problèmes, désactivez un à un tous les pilotes à propos desquels Windows émet des doutes en espérant que le problème disparaisse. Si tel est le cas vous savez quel pilote est à l'origine de votre panne. Reste à obtenir une version mise à jour et si possible signée pour ce pilote.

Microsoft propose sur ses pages de support un annuaire des [coordonnées des fournisseurs de matériel et logiciel tiers](http://support.microsoft.com/gp/vendors/fr).

<http://support.microsoft.com/gp/vendors/fr>

26.4.5 DriverQuery

Bien que, suite à la mise à jour d'un pilote, le gestionnaire de pilotes de périphérique puisse revenir à la version précédente, il n'est pas possible de lui demander de



remonter plus en arrière ni par exemple de retracer l'historique des différentes versions des pilotes installés. Ces informations pourraient pourtant être utiles pour connaître par la suite quelles versions conviennent et quelles autres posent problèmes.

La commande DRIVERQUERY puisqu'elle s'utilise en mode invite de commande, permet la redirection des informations produites, à savoir la liste des pilotes de périphérique et leurs propriétés. Une bonne connaissance du mode invite de commande, un peu de créativité suffiront pour en faire un outil personnalisé et parfaitement adapté à une gestion bien organisée des périphériques d'un parc informatique.

Voyons d'abord la syntaxe de cette commande.

Elle est donnée par la commande DRIVERQUERY /?

```
C:\>driverquery /?
```

```
DRIVERQUERY [/S système [/U nom_utilisateur [/P [mot_passe]]]
             [/FO format] [/NH] [/SI] [/V]
```

Description :

Permet à un administrateur d'énumérer et d'afficher la liste des pilotes de périphériques installés ainsi que leurs propriétés.

Liste de paramètres :

```
/S système   Spécifie le système distant auquel se connecter.
/U [domaine\] utilisateur
              Spécifie le contexte utilisateur dans
              Lequel la commande doit être exécutée.
/P [mot_passe]
              Spécifie le mot de passe pour le contexte utilisateur donné.
              Demande des informations d'entrée si elles sont oubliées.
/FO format   Spécifie le type de sortie à afficher. Les valeurs
              autorisées avec le commutateur sont TABLE, LIST et CSV
/NH          Spécifie que l'en-tête de colonne ne doit pas être affiché
              sur l'écran. Valide pour les formats TABLE et CSV uniquement
/V          Affiche des informations détaillées.
              Non valide sur les pilotes signés.
/SI          Affiche des informations sur les pilotes signés.
/?          Affiche l'aide ou l'utilisation.
```

Exemples :

```
DRIVERQUERY
DRIVERQUERY /FO CSV /SI
DRIVERQUERY /NH
DRIVERQUERY /S adresse_IP /U utilisateur /V
DRIVERQUERY /S système /U domaine\utilisateur /P mot_passe /FO LIST
```

```
C:\>
```

Exemple :

La commande `driverquery /fo csv > 20110517.csv /v` envoie des informations détaillées en format CSV (*Comma Separated Values* = un format texte dans lequel la virgule sert de séparateur entre données)

Ce document dont le nom sera par exemple la date du jour, pourra être lu, trié et filtré à l'aide d'un tableur comme dans l'exemple suivant avec Calc de OpenOffice

	A	B	M	N	O
1	Nom du module	Nom complet	Link Date	Path	Init (bytes)
2	ACPI	Pilote ACPI Microsoft	13/04/08 20:36	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\ACPI.sys	4864
3	ACPIEC	ACPIEC	17/08/01 22:57	C:\WINDOWS\system32\drivers\ACPIEC.sys	1152
4	aec	Suppresseur d'écho acoustique (N	24/05/07 21:53	C:\WINDOWS\system32\drivers\aec.sys	217E
5	AFD	AFD	14/08/08 12:04	C:\WINDOWS\system32\drivers\afd.sys	844E
6	Amdk8	AMD Processor Driver	07/03/05 22:58	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\Amdk8.sys	409E
7	AsyncMac	Pilote de média asynchrone RAS	13/04/08 20:57	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\asyncmac.sys	128C
8	atapi	Contrôleur de disque dur IDE/ESD	13/04/08 20:40	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\atapi.sys	896C
9	Atmarpc	Protocole client ATM ARP	13/04/08 20:51	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\atmarpc.sys	345E
10	audstub	Pilote audio Stub	17/08/01 22:59	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\audstub.sys	384
11	avfwim	AvFw Packet Filter Miniport	15/02/10 11:29	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\avfwim.sys	204E
12	avfwot	avfwot	14/04/10 10:31	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\avfwot.sys	1792
13	avgntflt	avgntflt	11/11/10 16:54	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\avgntflt.sys	8192
14	avipbb	avipbb	30/11/10 15:09	C:\WINDOWS\system32\DRIVERS\avipbb.sys	409E
15	Beep	Beep	17/08/01 22:47	C:\WINDOWS\system32\drivers\Beep.sys	76E
16	cbidf2k	cbidf2k	17/08/01 22:52	C:\WINDOWS\system32\drivers\cbidf2k.sys	64C

Figure 148 – Rapport de la commande DRIVERQUERY

26.4.6 Quelques liens au sujet des périphériques et de leurs pilotes :

La page Web associée à ce chapitre :

- <http://www.courstechinfo.be/Hard/Peripherique.html>

Liens sur windows.microsoft.com

- [Gérer les périphériques dans Windows XP](#)
- [Installation de nouveau matériel : liens recommandés](#)
- [Procédure à suivre lorsqu'un périphérique n'est pas installé correctement](#)
- [Sites de pilotes de certains fabricants d'ordinateurs et de périphériques](#)

Liens de hotline-pc.org

- [Le gestionnaire de périphériques](#)
- [Gérer les périphériques](#)

Page de commentcamarche.net

- [Comment trouver des pilotes ?](#)

27 Les cartes d'extensions

28 *La carte graphique*

Nos exigences en matière d'affichage ont profondément évolué depuis les premiers PC. On se contentait, il y a 20 ans, d'un affichage en mode texte de 25 lignes de 80 caractères. La couleur semblait un accessoire superflu.

Les programmes graphiques ont modifié nos habitudes et surtout le nombre de points et de couleurs à faire apparaître sur nos écrans. Les images sont de plus en plus lourdes à gérer et leurs mouvements de plus en plus rapides. De simple interface d'E/S qui génère les signaux destinés à l'écran, la carte graphique est devenue un contrôleur qui utilise intensivement la mémoire et qui génère elle-même les images 3D selon les consignes qu'elle reçoit du processeur.

Le processeur central et la carte graphique collaborent pour se partager les tâches nécessaires à la génération d'images. Le CPU qui a en charge l'application (jeu vidéo ou application d'infographie) définit les caractéristiques principales de l'image telles que les calculs des dimensions, la position ou l'orientation des objets à représenter, tandis que le processeur de la carte graphique fait un maximum pour libérer le CPU des fonctions essentiellement graphiques comme la conversion de l'espace colorimétrique ou les calculs des effets d'ombre ou de transparence : ce que l'on appelle la gestion du rendu d'image.

La carte graphique est aujourd'hui un élément prépondérant du PC. Les performances globales de l'ordinateur dépendent en grande partie de son aptitude à afficher rapidement un grand nombre de points avec une multitude de couleurs.

Le choix de la carte doit être fait en fonction du PC où elle est installée. Inutile d'acheter une bête de course pour remplacer la carte graphique d'une machine ancienne, peu puissante ou si vous avez un petit écran. Les modèles d'entrée de gamme et les chipsets qui intègrent les fonctions graphiques à la carte mère suffisent pour des applications bureautiques, Internet ou même pour faire de petites retouches de photos. Les modèles plus performants en termes d'affichage 3D deviennent nécessaires pour les programmes de jeux.

Outre les images calculées, il y a aussi celles qui proviennent d'enregistrements vidéo. Les cartes spécialisées en multimédia sont utiles pour faire des montages vidéo. Elles sont équipées de circuits spécialisés pour décompresser les flux MPEG et sont munies d'entrées / sorties spécifiques pour les captures d'images ou pour y brancher un téléviseur ou un second écran. Ces cartes gèrent alors parfois simultanément le son et l'image.

28.1 Composition d'une carte graphique

La carte graphique est un système informatique à lui seul. On y retrouve en effet un processeur, de la RAM, des entrées/sorties et même un BIOS comme sur une carte mère.

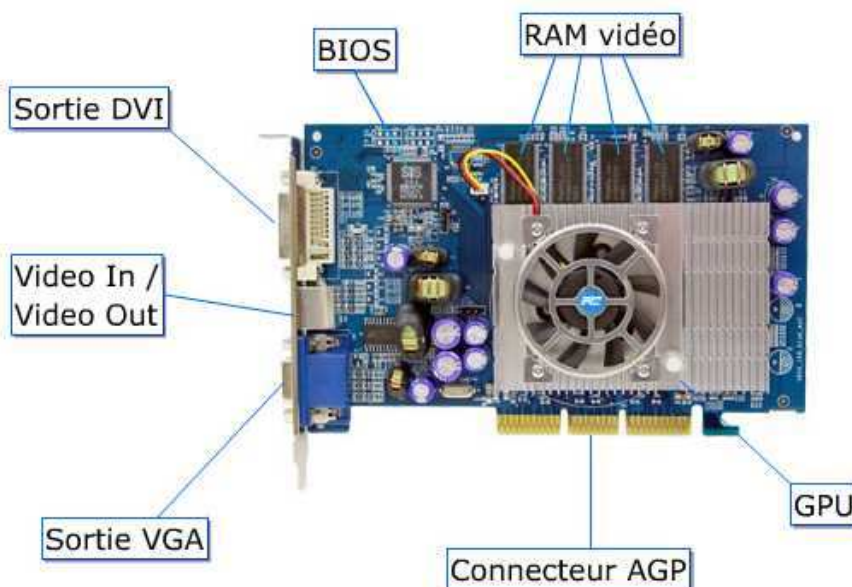


Figure 149 – Carte AGP

28.1.1 GPU

Le processeur ou GPU pour *Graphics Processing Unit* est conçu spécialement pour les calculs de fonctions graphiques. Les calculs de formes géométriques dans un espace à trois dimensions demandent un processeur parfois plus puissant que celui de la carte mère, ce qui explique l'apparition de dissipateurs thermiques et de ventilateurs sur les cartes graphique.

Le processeur graphique est parfois aussi (mais à tort) appelé chipset à cause de sa ressemblance avec les composants du même nom qui sont directement soudés sur la carte mère.

28.1.2 RAM vidéo

La RAM vidéo est destinée à contenir les variables et surtout les images traitées par le GPU. La RAM de la carte mère peut aussi servir aux fonctions graphiques, pour les applications qui génèrent des images c'est généralement dans cette RAM que sont stockées les textures.

Pour les applications bureautiques peu gourmandes en graphismes, la RAM vidéo ne doit pas nécessairement être énorme puisque les connexions AGP et PCIe qui relient la carte graphique à la RAM de carte mère ont un excellent taux de transfert. Une RAM vidéo rapide et volumineuse n'a vraiment de sens que pour les cartes 3D principalement destinées aux jeux. Ce sont souvent des RAM dites "*dual ported*" ce qui signifie qu'il y a deux bus de données, l'un conduit les données vers la sortie tandis que l'autre est utilisée simultanément par le GPU pour la génération ou les traitements des images.

Enfin, pour les cartes équipées d'une sortie VGA, il faut un convertisseur digital / analogique (**DAC Digital to analog converter**) On parle aussi de **RAMDAC** pour désigner l'ensemble, mémoire tampon + convertisseur.

28.1.3 *Le BIOS de la carte graphique*

Il s'agit d'un programme gravé dans une mémoire morte, actuellement une mémoire flash. Ce programme initialise les fonctions de base du GPU et contient les fonctions d'entrées sorties de base pour les communications avec l'écran et avec le BIOS ou les API qui tournent sur la carte mère.

La première page d'écran qui apparaît en mode texte lors de la mise sous tension du PC est générée par le BIOS de la carte graphique. Il n'est malheureusement pas possible d'interrompre l'affichage de cette page en pressant la touche PAUSE. Elle indique la marque de la carte graphique et du BIOS ainsi que leurs versions.

28.2 *Connexion à la carte mère*

28.2.1 *Contrôleur graphique intégré au chipset de la carte mère*

De plus en plus souvent des cartes mères possèdent une sortie graphique et les circuits associés incorporés au chipset. Cette solution est suffisante pour les PC dédiés aux applications bureautiques. C'est aussi évidemment ce qui se fait dans les portables. La quantité de mémoire RAM à consacrer à l'affichage est alors configurable via l'option "aperture size" du BIOS.

Ainsi, sur un PC équipé de 256 Mo de RAM à partager avec le circuit graphique intégré au chipset, il est normal que les "propriétés système" indiquent qu'il n'y a que 224 Mo de RAM ; ce sont les 256 Mo dont sont déduits les 32 Mo réservés au circuit graphique.

28.2.2 *Bus PCI*

Les cartes graphiques prévues pour être connectées sur le bus PCI sont aujourd'hui dépassées. On ne les trouve plus que sur d'anciens PC.

MAIS ?! Si vous voulez avoir deux écrans sur votre PC, et si vous n'avez pas de raisons valables pour faire les frais d'une carte graphique avec deux sorties "*dual head*", une ancienne carte vidéo PCI pourrait bien faire l'affaire. Windows offre la possibilité de connecter plusieurs écrans. Vous disposez alors d'un bureau virtuel de surface double (ou triple etc. puisque Windows 98, par exemple, autorise en principe jusqu'à 9 écrans)

28.2.3 *Port AGP*

Le [port AGP](#) *Accelerated graphic Port* est dédié uniquement à la carte graphique. Contrairement au bus PCI qui devait partager sa bande passante entre les différentes cartes d'extension, la carte AGP dispose donc d'un accès direct et privilégié à la mémoire principale.



Figure 150 – Cartes graphiques PCI express

28.2.4 Port PCI express - PCIe

Les cartes les plus modernes sont connectées à la carte mère via un connecteur PCI Express 16x. Le taux de transfert est meilleur et il est possible de connecter ainsi deux cartes graphiques récentes dans un même PC.

28.3 Connexions vers l'extérieur

A compléter ...

29 *Carte son*

30 Cartes réseau

31 Lumière et couleurs

31.1 Combien existe-t-il de couleurs ?

Voilà une question qui quand elle est posée en classe donne généralement une multitude de réponses. « Trois » répondent certains, les trois couleurs fondamentales disent-ils. Mais quand on leur demande quelles sont ces couleurs fondamentales, certains citent le rouge, le jaune et le bleu (c'est ce qu'enseignent parfois les professeurs de dessin) d'autres énoncent le rouge, le vert et le bleu (ce sont en effet les trois couleurs fondamentales en télévision et pour tous les écrans). On pourrait tout aussi bien dire le magenta, le jaune et le cyan : les couleurs des cartouches de nos imprimantes. Bref, il est difficile de trouver un accord sur ces trois couleurs fondamentales.

D'autres encore évoquent les sept couleurs de l'arc en ciel. Cette explication est l'occasion de rappeler que cette théorie vient d'Isaac Newton l'un des premiers scientifique à s'être penché sur la question de la nature des couleurs. Il aimait croire qu'il y avait une analogie entre les couleurs et le son, et pour prouver sa théorie, a quelque peu triché pour démontrer l'existence des soi-disant sept couleurs fondamentales (rouge, orange, jaune, vert, bleu, indigo et violet) correspondant chacune à une note de la gamme (La, Si, Do, Ré, Mi, Fa, Sol)

D'autres rétorquent que l'arc-en-ciel ne possède pas non pas sept couleurs, mais six : trois couleurs fondamentales ou primaires (rouge, bleu, jaune) et trois couleurs composées ou complémentaires (vert, orange, violet).

Enfin il y a ceux qui disent qu'il existe une infinité de couleurs. Et ce sont ces derniers qui ont raison. Il n'y a pas de couleurs plus fondamentales que d'autres mais les observations précédentes ne sont pour autant pas dénuées de fondements, tâchons de faire la lumière sur ce sujet.

31.2 Qu'est-ce que la lumière ?

La page fr.wikipedia.org/wiki/Couleur nous explique ceci :

La lumière visible est la partie du spectre électromagnétique qui est visible pour l'œil humain. Il n'y a pas de limite exacte au spectre visible : l'œil humain adapté à la lumière possède généralement une sensibilité maximale à la lumière de longueur d'onde d'environ 550 nm, ce qui correspond à une couleur jaune-verte. Généralement, on considère que la réponse de l'œil couvre les longueurs d'ondes de 380 nm à 780 nm.



Figure 151 – Spectre visible (les couleurs de l'arc en ciel)

La lumière est une onde électromagnétique et la couleur est la perception que nous avons des différentes longueurs d'onde ou inversement des fréquences qui caractérisent ces ondes. Ces deux grandeurs fréquences et longueur d'onde sont étroitement liés.

La longueur d'onde, généralement représentée par la lettre λ (*lambda*) multipliée par la fréquence de l'onde correspondante donne la vitesse de la lumière dont la valeur approximative est de 300.000 km/s soit $3 \cdot 10^8$ m/s.

Le tableau qui suit donne des longueurs d'onde et les fréquences pour les prétendues sept couleurs de l'arc en ciel selon Newton

Couleur	Longueur d'onde γ	Fréquence f
Violet	0,400 nm	750 nm
Indigo	0,430 nm	698 nm
Bleu	0,470 nm	638 nm
Vert	0,530 nm	566 nm
Jaune	0,580 nm	517 nm
Orange	0,600 nm	500 nm
Rouge	0,650 nm	462 nm

Longueurs d'onde et fréquences associées aux soi-disant 7 couleurs de l'arc en ciel

L'œil humain est sensible qu'à une certaine fourchette de longueurs d'onde. En deçà de 380 nm (nanomètres = 10^{-9} m), les ondes sont infrarouges. Elles sont invisibles à nos yeux mais perçues pour certaines longueurs d'onde comme un rayonnement de chaleur. Au-delà de 780 nm, ce sont les ultra-violets (UV) eux aussi imperceptibles visuellement mais qui font brunir notre peau.

31.3 Perception des couleurs

Comment se fait-il que les couleurs ne soient pas perçues de manière identique par chacun ? Qu'elles semblent varier selon l'éclairage ambiant, en pleine lumière ou dans la pénombre ? Comment se peut-il qu'un mélange de couleurs apparaisse comme une troisième couleur pas toujours intuitivement intermédiaire ? Il faut, pour tirer tout cela au clair, comprendre comment notre œil synthétise les teintes que nous percevons.

Les cellules photosensibles de l'œil se classent en deux catégories : les bâtonnets et les cônes.

Les 120 millions de bâtonnets qui tapissent le fond de la rétine, nous renseignent sur la quantité de lumière perçue, contre +/- 6 millions de cônes sensibles aux couleurs.

Dans le schéma ci-dessous, la courbe en pointillés représente la sensibilité des bâtonnets par rapport à la longueur d'onde. Les bâtonnets sont beaucoup plus sensibles que les cônes. Ces derniers ne réagissent plus lorsque la lumière est insuffisante. « *La nuit tous les chats sont gris* »

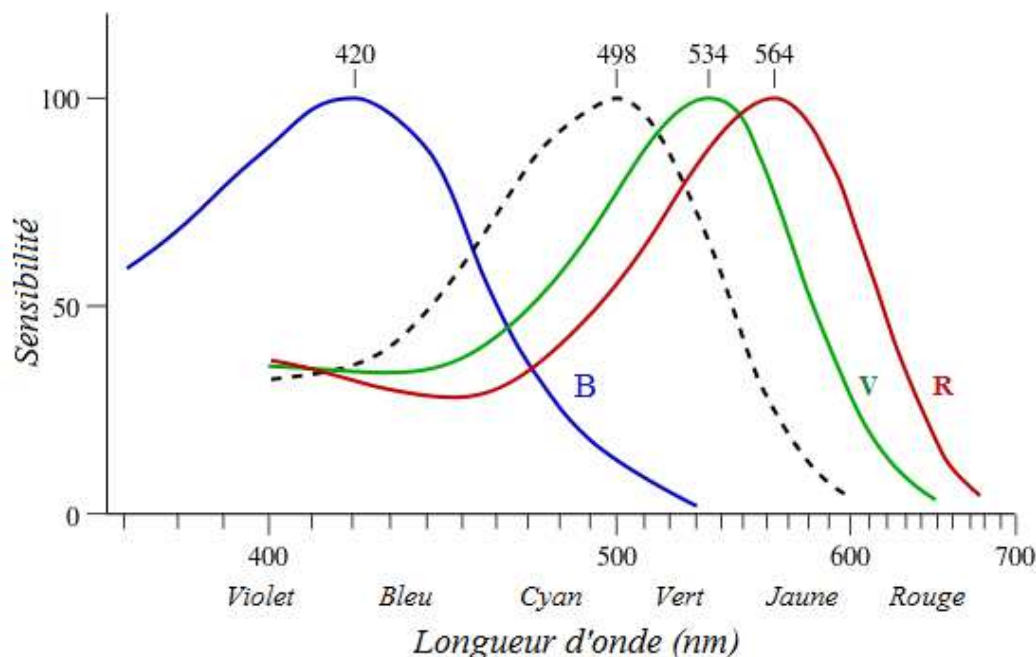


Figure 152 – Sensibilité relative des cônes et des bâtonnets par rapport aux longueurs d'onde

Les courbes R, V et B concernent les cônes et représentent les sensibilités au rouge, au vert et au bleu. Notre cerveau synthétise ces différents signaux. Il mélange tout et ne nous permet pas de faire la différence entre des couleurs monochromatique et polychromatique. Rien ne nous permet de faire la différence entre un éclairage orange et un mélange de rouge et de jaune. Et c'est tant mieux, car sans cela les écrans et les imprimantes pour restituer des millions de couleurs devraient être bien plus sophistiqués. Il suffit d'un assemblage de trois couleurs de base pour recomposer l'ensemble des couleurs.

Il faut remarquer aussi que toutes les couleurs obtenues par ces mélanges ne font pas partie de celles qui composent le spectre visible (Figure 151 – Spectre visible (les couleurs de l'arc en ciel) page 31-1). Les gris, la couleur marron, le magenta, le doré etc. sont des mélanges polychromatiques de plusieurs couleurs. Il n'existe pas de rayonnements monochromatiques qui correspondent à ces couleurs.

31.4 Synthèse additive

Imaginez un écran blanc dans une salle obscure. Il reflète parfaitement et à l'identique toutes les couleurs qui y sont projetées. C'est ce qui rend le cinéma possible.

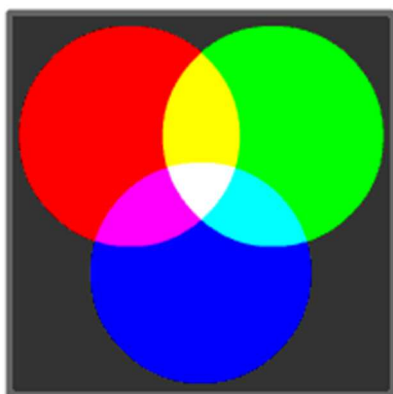


Figure 153
Mélange de trois faisceaux de lumières rouge, verte et bleue.
RVB

Lorsque l'écran est éclairé par un projecteur de lumière verte, il ne reflète que cette teinte. Là où l'écran est éclairé par un spot bleu, il reflète cette même couleur. Mais la partie d'écran qui est éclairée à la fois par le vert et par le bleu reflète ces deux couleurs simultanément. Les cônes sensibles au vert et ceux réceptifs au bleu perçoivent ces deux couleurs ensemble et, dans cette zone de l'écran, notre œil est incapable de distinguer les deux couleurs d'origine. Il additionne leurs luminosités. La combinaison du vert et du bleu est donc plus claire. Elle est perçue comme une coloration différente que nous appelons cyan. Ce cyan est, si l'on se réfère à la suite des couleurs de l'arc en ciel (Figure 151 – Spectre visible (les couleurs de l'arc en ciel) 31.2) une longueur d'onde intermédiaire située entre le bleu et le vert.

De même, pour l'intersection des zones éclairées en vert et en rouge, notre œil synthétise ce mélange, vert plus rouge, comme s'il s'agissait d'une longueur d'onde intermédiaire : le jaune. Le jaune est une sorte de moyenne entre la longueur d'onde du rouge et celle du vert. L'intersection éclairée par les deux projecteurs, vert et bleu, a une plus forte luminosité. Le jaune nous paraît plus clair que le rouge ou le vert superposés.

Enfin, le rouge et le bleu s'additionnent pour donner une couleur une nouvelle fois plus claire que l'on appelle magenta. Notez que ce magenta n'existe pas à l'état monochromatique. Cette couleur n'existe pas dans l'arc en ciel. C'est un mélange, une couleur polychromatique.

Idem pour le mélange des trois couleurs qui donne du blanc. Cette couleur plus lumineuse encore, n'existe pas non plus dans l'arc en ciel.

Le rouge, le vert et le bleu (RVB) (*ou RGB Red - Green - Blue*) sont les trois couleurs fondamentales pour les écrans, les projecteurs et tous les appareils qui produisent de la lumière colorée.

Expérience : Vous pouvez obtenir facilement la décomposition d'une couleur quelconque en ces 3 couleurs fondamentales à l'aide du programme PAINT. Après avoir prélevé une couleur avec l'outil pipette, actionnez l'outil Modifier les couleurs. Les composantes RVB de la couleur choisie sont affichées en bas à droite de la boîte de dialogue.

Les valeurs données à chacune des composantes, rouge, verte et bleue peuvent aller de 0 à 255. C'est en jouant sur ces valeurs que l'on pourra créer les nuances de couleurs.

Exemple : Beaucoup de rouge (255) avec une valeur moindre pour le vert (128) donne non pas du jaune mais de l'orange/

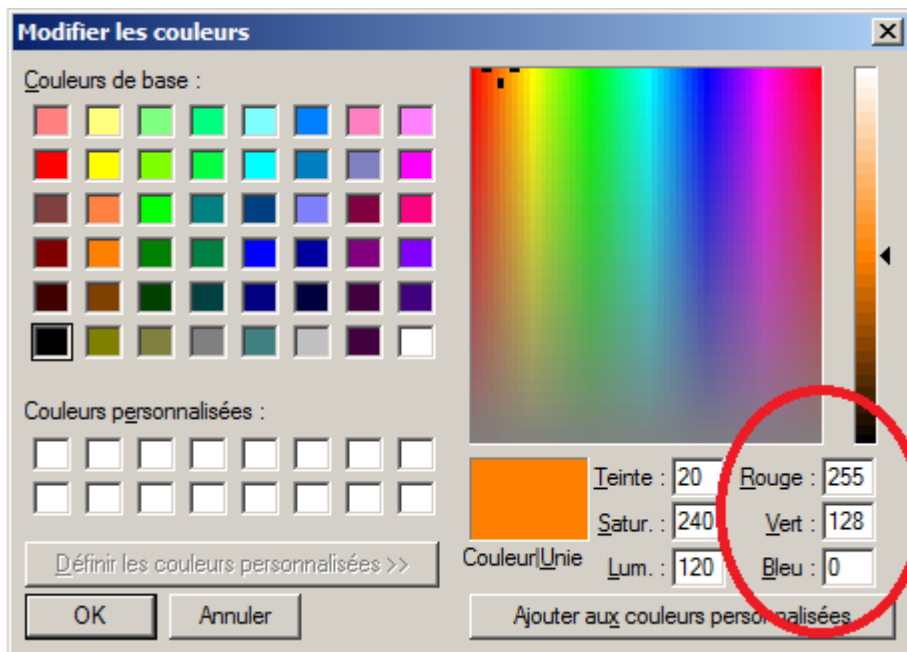


Figure 154 – Utilisation de la commande Modifier les couleurs de Paint pour tester les composantes rouge, verte et bleue d'un couleur.

31.5 Synthèse soustractive

La synthèse soustractive s'applique lors de mélange d'encre de couleurs sur un support blanc comme dans le cas des imprimantes. L'encre colorée agit comme un filtre qui absorbe une partie de la lumière. Les filtres superposés donnent une couleur de plus en plus sombre.

Partons des trois couleurs claires utilisées dans les imprimantes : le cyan, le magenta et le jaune.

La superposition d'une encre jaune et du magenta donne du rouge. Celle du jaune et du cyan donne du vert, tandis que du cyan et du magenta donne du bleu.

Le mélange de ces trois couleurs donne en principe la plus foncée des couleurs, le noir. En principe, car en pratique une cartouche d'encre noire sera nécessaire pour obtenir un noir plus "profond".

Au lieu d'être codée en RVB, les couleurs peuvent tout aussi bien être codées à partir d'autres couleurs primaires : le cyan, le magenta, le jaune et le noir. C'est le codage CMJN.

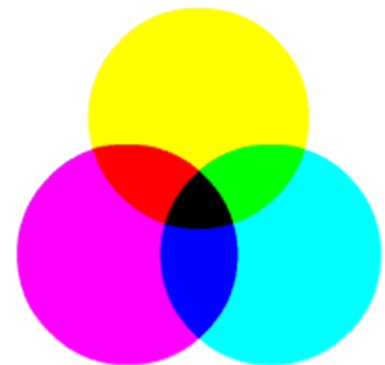


Figure 155 - CMJN

32 Ecrans / Moniteurs

L'écran est un périphérique dont l'achat constitue un investissement à plus long terme que pour les autres constituants de l'ordinateur. A lui seul il représente une bonne part du prix de l'ordinateur mais puisqu'il est moins vite obsolète, il peut être réutilisé avec plusieurs générations successives de PC.

Toutes sortes d'écrans font maintenant partie de notre environnement quotidien. Aux écrans des ordinateurs et des télévisions se sont ajoutés ceux des téléphones, des tablettes, des GPS etc. Raison de plus pour savoir comment ils fonctionnent et surtout quelles sont leurs caractéristiques.

32.1 Caractéristiques des écrans

32.1.1 Taille de l'écran

= Mesure de la diagonale en pouces 1 pouce = 2,54 cm
 Tailles courantes : 15 ; 17 ; 19 ; 20 ; 21 ... pouces
 Format de l'image = rapports largeur / hauteur = 4/3, 5/4, 16/9 et 16/10

32.1.2 Résolution / Définition

Les puristes font une distinction entre la « définition » et la « résolution ». Nous ne pinaillerons pas trop sur ces détails puisque bien souvent, ces deux termes désignent tantôt les **dimensions** d'une image ou d'un écran, tantôt la **densité des points** pour l'affichage sur un écran ou lors d'une impression ou d'un scan.

- Les dimensions (définition) des images ou des écrans sont données en pixels (largeur * hauteur)
- La densité des points (résolution) plutôt que d'être donnée en points par unité de surface est le plus souvent exprimée en points par unité de longueur. Pour les écrans comme pour les imprimantes ou les scanners elle s'exprime en **ppp** = points par pouce ou en **dpi** = dots per inch.

Quelques définitions standards :

Standard	Définition	largeur / hauteur
VGA (<i>Video Graphic Array</i>)	640x480	4/3
SVGA (<i>Super VGA</i>)	800x600	4/3
XGA (<i>Extended Graphics Array</i>)	1024x768	4/3
WXGA-H	1280x720	16/9
SXGA (<i>Super XGA</i>)	1280x1024	5/4
WXGA (<i>Wide XGA</i>)	1366x768	16/9
WXGA+	1440x900	16/10
UXGA (<i>Ultra XGA</i>)	1600x1200	4/3
WSXGA+ (<i>Wide SXGA plus</i>)	1680x1050	16/10
WUXGA (<i>Wide Ultra XGA</i>)	1920x1200	16/10
QXGA (<i>Quad XGA</i>)	2048x1536	4/3

A titre indicatif, les définitions en télévision sont les suivantes :

SD=576 lignes * 720 pixels, HD=720 lignes * 1280 pixels, Full HD 1080 * 1920

32.2 L'écran à tube cathodique

L'écran CRT (*Cathodic Ray Tube*) est un « tube » de verre épais mis sous vide. A l'arrière trois canons à électrons projettent des faisceaux d'électrons vers les luminophores électroluminescents¹⁰ qui recouvrent la paroi intérieure de la "dalle" à l'avant du tube.

Un canon à électron est réalisé à partir d'une électrode métallique à laquelle est appliquée une tension négative. L'électrode appelée cathode est chauffée de sorte que des électrons s'en échappent. Ils reviendraient vers la cathode si un champ électrique intense ne les attirait vers la face avant du tube (anode). Les flux d'électrons sont concentrés par d'autres électrodes pour prendre la forme de rayons étroits. Ces faisceaux d'électrons (*electron beam*) sont déviés par des champs magnétiques ou électriques avant d'aboutir sur la surface de l'écran.

Les champs magnétiques sont générés par des bobines situées au-dessus et au-dessous du tube pour le balayage horizontal et deux bobines situées sur la gauche et la droite du tube pour commander le balayage vertical. Les champs électriques sont créés par des plaques de déflexions situées dans le tube de part et d'autre du faisceau d'électrons.

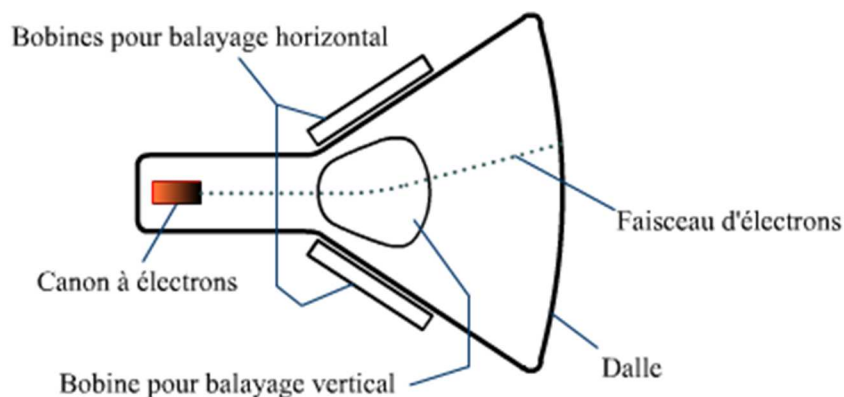


Figure 156 – Principe de fonctionnement d'un tube cathodique

Balayages et définitions des écrans de télévision

Les balayages sont suffisamment rapides pour ne pas être perceptibles.

En télévision classique, le balayage est (on devra bientôt dire «était») de 25 images à la seconde. La fréquence des images étant relativement faible on réduit l'effet de scintillement (*flikering*) par un **balayage entrelacé**. Cela consiste à afficher alternativement les lignes paires puis les lignes impaires, le tout en 1/25 s. Le balayage vertical est donc alors de 50 Hz.

En télévision haute définition, le balayage vertical est maintenant de 50 Hz en Europe (60 Hz aux Etats-Unis) l'entrelacement des lignes n'est plus nécessaire on est donc revenu au **balayage progressif**. La fréquence de rafraîchissement de l'écran est alors le double de celle des images.

Balayage et définition des écrans d'ordinateur

La définition¹¹ de l'image est supérieure sur les écrans d'ordinateur. On regarde ces écrans de plus en plus près et il faut au moins 75 balayages verticaux par seconde pour ne pas être incommodé par le scintillement. C'est un minimum auquel tous les moniteurs actuels arrivent sans même devoir recourir à l'entrelacement.

¹⁰ Electroluminescent : qui produit de la lumière visible quand il est frappé par des électrons

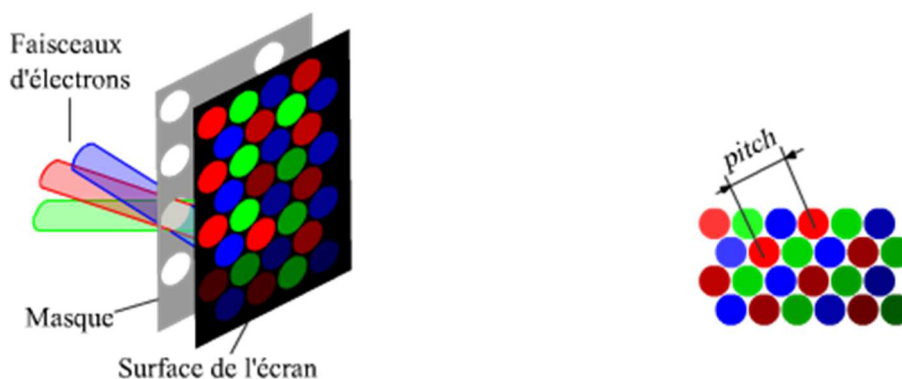
¹¹ Définition en télévision SD = 576 lignes * 720 pixels, HD : 720 lignes * 1280 pixels, Full HD : 1080 * 1920

32.2.1 Les couleurs

Elles sont obtenues à partir de la synthèse additive des trois couleurs de base RVB (rouge, vert, bleu) (*RGB – Red, Green, Blue*) (cf. §31.4 p.31-3) La modulation de l'intensité de chacun des trois faisceaux d'électron permet de rendre presque toutes les couleurs.

32.2.2 Tube à masque

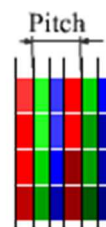
Le masque (*shadow mask*) est une feuille métallique¹² perforée placée à proximité de la surface de l'écran de manière à ne laisser passer que les faisceaux d'électrons vers les luminophores de la couleur à laquelle ils sont destinés.



Le *pitch* ou pas de masque est la distance entre deux luminophores de même couleur. Cette distance est en général de 0,22 à 0,28 mm. Plus cette dimension est petite et plus la résolution de l'image pourra être fine. L'image sera plus nette.

32.2.3 Tube à grille (Trinitron)

Le masque est une grille faite de fils verticaux. Il n'y a qu'un seul canon à électron. L'image est plus lumineuse.



Température des couleurs

La température d'une couleur est la température à laquelle il faudrait porter un corps noir pour qu'il émette par son échauffement une lumière de la couleur considérée. Ainsi le filament d'une lampe à incandescence, en chauffant progressivement émettra d'abord des rayons infra rouge, puis une lumière visible rouge de plus en plus orangée, jaune, blanche puis bleutée.

La couleur blanche elle-même, selon les sources ou l'intensité d'éclairage, va de la même manière avoir des dominantes allant du rouge au bleu. La température de couleur d'un écran serait la t° de la couleur blanche pour cet écran.

9300 kelvin	« blanc moniteur »	image lumineuse mais bleutée
6500 kelvin	« blanc lumière du jour »	pour vidéo
5500 kelvin	« blanc papier »	pour tirages en couleur

¹² Le métal constituant du masque est un alliage de fer (64%) et de nickel (36%) appelé invar en raison de son faible coefficient de dilatation thermique

32.2.4 Réglages d'un écran CRT

Luminosité : Quantité de lumière émise

Contraste : Différences entre zones sombres et claires
Un contraste exagéré réduit la durée de vie de l'écran.

Pour obtenir un maximum de nuances :

1° Régler la luminosité d'abord afin que le noir paraisse bien noir

2° Régler le contraste ensuite pour obtenir un blanc valable

Dimensions : Idéalement l'image doit occuper tout l'écran

32.2.5 Avantages (+) et Inconvénients (-) des écrans CRT

- + Coût inférieur aux écrans plats
- + Meilleures couleurs
- Ecrans volumineux et lourds
- Ecrans bombés, ce qui donne des reflets
- S'ils paraissent plats, les images sont légèrement déformées dans les coins
- Scintillement de l'image, émission de radiations nocives

32.3 LCD Ecran à cristaux liquides

"Cristaux" et "liquides" sont deux termes contradictoires. Ces cristaux ne sont donc pas solides. Il s'agit d'un liquide où les molécules, de formes particulières, tendent à s'orienter selon des dispositions bien définies (structure cristalline)

Il s'agit ici de molécules en forme de bâtonnets qui se superposent dans des plans parallèles mais de manière hélicoïdale.

L'orientation des cristaux liquides est influencée par différents facteurs physiques : la pression et les champs électriques et la température. (Les thermomètres cutanés sont une autre application des cristaux liquides)

On observe ces variations d'orientation des cristaux par leurs effets sur la lumière polarisée.

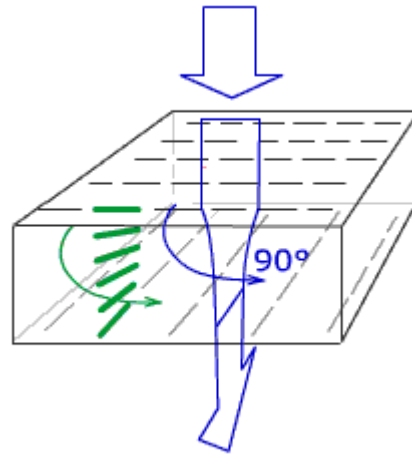


Figure 157

32.3.1 Lumière polarisée

La lumière est une onde électromagnétique transversale. Cela signifie que les ondes ont une amplitude qui varie perpendiculairement au sens de propagation. Le plan dans lequel ont lieu ces oscillations est généralement de direction quelconque. Pour la lumière polarisée toutes ces oscillations se font dans des plans parallèles.

Ce phénomène est mis en évidence à l'aide de polaroïds (feuilles polarisantes). Elles ne sont transparentes que pour une orientation particulière du plan d'oscillation des ondes.

Plaçons deux feuilles polarisante l'une sur l'autre. La lumière polarisée par la première feuille ne parvient à traverser la seconde que si toutes deux ont la même direction de polarisation. L'ensemble devient opaque si ces deux directions sont perpendiculaires.

32.3.2 Afficheurs LCD

Les cristaux liquides, de par la disposition de leurs molécules, ont la propriété de faire tourner le plan de polarisation de la lumière mais cet effet de rotation peut être réduit et même supprimé par un champ électrique.

Une mince couche de cristaux liquides est mise en sandwich entre deux lames de verre recouvertes d'électrodes métalliques transparentes et de filtres polarisants placés à angle droit. Quand le dispositif est hors tension, les rayons lumineux qui entrent par une face tournent de 90° en traversant les cristaux liquides et traversent la face opposée. Une tension de 3V redresse la disposition en hélice des cristaux liquides et la lumière polarisée par la face avant ne parvient plus à passer au travers du second filtre.

On distingue deux technologies : la matrice passive et le TFT.

Matrice passive (bas de gamme)

Les électrodes sont deux grilles de fils conducteurs horizontaux sur une face et verticaux sur l'autre. Cela forme des lignes et des colonnes qui balayées par des signaux électriques commandent l'orientation des cristaux aux intersections de ce quadrillage. Le système est simple mais lent. L'écran est balayé car il n'est possible de ne commander qu'un seul point à la fois. Il lui faut donc une certaine rémanence ce qui va à l'encontre de la vitesse d'affichage. Le contrôle en voltage est imprécis et donc les contrastes approximatifs.

La technologie à matrice passive ne coûte pas cher, elle peu gourmande en énergie et convient tout à fait pour les afficheurs qui n'ont pas besoin d'être très dynamique. Horloges et téléphones portables anciens, calculatrices, étiquettes de prix etc.

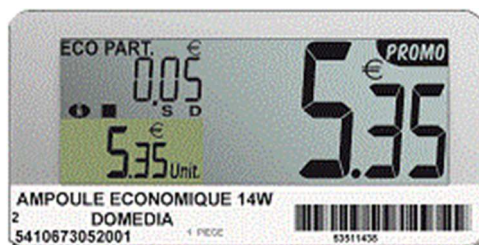


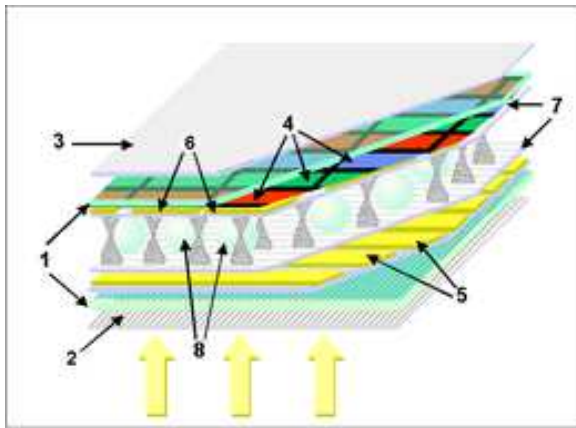
Figure 158 – Ecrêteau LCD pour l'affichage des prix

TFT : *Thin Film Transistor* = matrice active (écrans plats de bureau)

Une couche de transistors et un petit condensateur contrôle chaque pixel. Lors du balayage Ligne/colonne une charge précise est envoyée dans le condensateur. Cette charge est suffisante pour commander le transistor jusqu'au prochain rafraîchissement. La visibilité est meilleure et on parvient à créer une échelle de 256 gris.

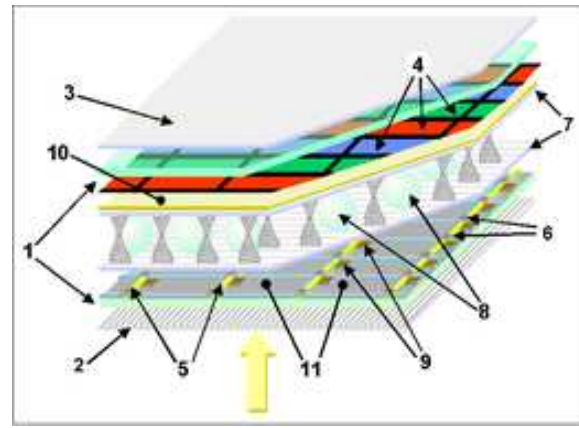
Les écrans couleur s'obtiennent en interposant des filtres rouge, vert et bleu. Chaque pixel nécessite donc 3 transistors. Un écran ayant une définition de 1024 points sur 768 est donc composé de $1024 \times 768 \times 3 = 2.359.296$ transistors ! Le moindre transistor défectueux donne un mauvais pixel. Les pertes à la production sont élevées ; 40% des écrans sont rejetés lors de premiers essais d'où les coûts élevés.

Figure 159 – LCD à matrice passive



- 1 : Plaques de verre
- 2 et 3 : Filtres polarisants
- 4 : Filtre de couleur
- 5 et 6 : Lignes de commande
- 7 : Couche de polymère rayé
- 8 : Billes d'espacement

Figure 160 - TFT



- 9 : Transistors en film mince
- 10 et 11: électrodes

Source : Wikipedia

32.3.3 Sites pour en savoir plus les sujets de ce chapitre

- Vidéo sur Youtube : KEZAKO : Comment fonctionne un écran LCD
http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=1CRCkqvkrKU
- Choisir son écran d'ordinateur, comparatif de moniteurs
<http://www.configspc.com/ecrans.html>

33 Imprimantes

33.1 Les différents modèles

Commençons par classer les imprimantes en fonction de la technique d'impression : l'impact, le jet d'encre et le laser.

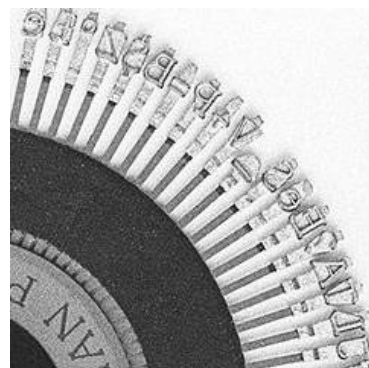
33.2 Imprimantes à impact

33.2.1 Principe de fonctionnement

Un ruban de tissu imprégné d'encre comme dans les anciennes machines à écrire défile devant la feuille. Des aiguilles ou des caractères gravés en relief sur de petits marteaux métalliques viennent frapper leur empreinte sur la feuille au travers du ruban encreur.

Imprimantes à marguerite

Les caractères préformés gravés en reliefs sur le pourtour d'une roue qui tourne devant un ruban encreur. Lorsque le caractère à imprimer est en bonne position, un petit marteau le frappe pour lui faire imprimer son dessin sur la feuille au travers du ruban encreur. Ces imprimantes, bien que bruyantes, étaient appréciées au début des années 80 pour la netteté de leurs caractères. L'impression en caractères gras se faisait en frappant plusieurs fois le même caractère au même emplacement. Par contre il n'était pas possible d'imprimer en italique ou encore d'imprimer des graphiques.



Imprimante à aiguilles

Les imprimantes à aiguilles sont des imprimantes matricielles. Chaque aiguille en frappant la feuille de papier au travers du ruban, y imprime un point. Les caractères sont donc traités comme des grilles ou « matrices » de points. On peut dès lors imprimer différentes fontes de caractères avec divers styles (inclinés, droit, gras, ombrés ... ainsi que des graphiques.

```

A B C D E F G H I J K L M
N O P Q R S T U V W X Y Z

```

La tête d'impression comporte 9 à 24 aiguilles disposées verticalement au besoin sur deux rangées en quinconce.

Il fut un temps où l'on trouvait des imprimantes couleur à aiguilles. Le ruban est comporte quatre couleurs disposées horizontalement : noir, magenta, cyan et jaune. Les mélanges de couleurs sont obtenus par passages successifs au même endroit.

Inconvénients : Lent, bruyant, de qualité très moyenne (faible résolution)

Avantages : Fiabilité et faible coût des consommables.

Utilisations

Curieusement, les imprimantes à aiguilles s'utilisent encore, là où la qualité d'impression n'est pas primordiale mais où par contre l'impression doit être fiable et de faible coût. Exemple : les listings obtenus aux caisses de grandes surfaces, les relevés de comptes aux guichets automatiques des banques.

Ces imprimantes sont les seules à encore utiliser des papiers listing. Elles rendent aussi possibles la copie carbone.

33.3 Imprimantes à jet d'encre

33.3.1 Principe de fonctionnement

L'encre est projetée sur le papier sous forme de fines gouttelettes. On rencontre deux techniques :

- Un système thermique en chauffant l'encre forme une bulle de vapeur qui pousse l'encre au travers d'une fine ouverture dirigée vers la feuille de papier.([Canon](#) et Hewlett-packard)
- Une membrane piezo qui se déforme sous l'effet d'un courant électrique. Cette technologie a été développée par [EPSON](#).

33.3.2 Avantages

Très bonne qualité de l'impression.

Imprimantes silencieuses puisqu'il n'y a plus d'impacts

Imprimantes peu coûteuses.

33.3.3 Inconvénients

Coût élevé des cartouches d'encre.

33.3.4 Utilisations :

Ces imprimantes sont les favorites du grand public. Elles ne nécessitent pas un investissement important et offrent une très bonne qualité pour des utilisations occasionnelles qui ne justifiaient pas un investissement plus important.

33.4 Imprimantes laser

33.4.1 Principe de fonctionnement

Les imprimantes laser fonctionnent selon un principe semblable à celui des photocopieuses. Un tambour, dont la surface est isolante et photosensible, reçoit à sa périphérie une charge électrostatique (négative ou positive, les deux technologies existent). Le rayon laser y projette l'image du document à imprimer en supprimant les charges électrostatiques aux points d'incidence du rayon. La surface du tambour passe alors en contact avec le toner électrisé lui aussi d'une charge de même signe que celle du tambour. Le toner est une fine poudre d'encre. Les particules de toner sont attirées par les points où le rayon laser a retiré les charges électrostatiques à la périphérie du tambour et sont repoussées par le reste de la surface. L'encre apposée au tambour est ensuite transférée par contact sur la feuille puis est chauffée pour s'incruster dans le papier.

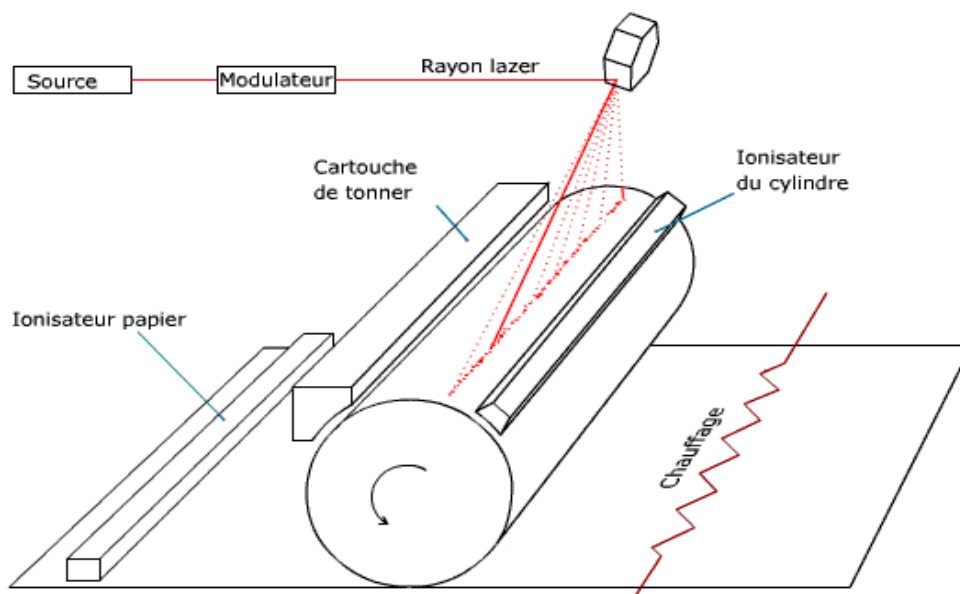


Figure 161 – Principe d'une imprimante laser

33.4.2 Avantages des imprimantes laser :

Très bonne qualité de l'impression. Prix modéré des copies. L'encre est cuite dans la feuille, elle résiste donc mieux aux frottements et à l'humidité. Les documents produits de la sorte pourront être surligné en fluo sans que l'encre des marqueurs fluorescents ne se mélange à celle du texte.

33.4.3 Inconvénients :

Coût élevé de l'imprimante. Il s'agit d'un investissement à rentabiliser sur un nombre important de copies.

33.4.4 Utilisations :

Application bureautique, impression de textes et graphismes.

33.5 Caractéristiques des imprimantes

33.5.1 Résolution

Nombre de points par pouce (ppp) ou "dot per inch" / 600 dpi est une valeur très correcte.

On distingue parfois la résolution horizontale de la résolution verticale.

33.5.2 Vitesse

Jadis la vitesse s'exprimait en caractères ou en lignes par seconde, elle s'exprime maintenant en pages par minute (ppm). Maintenant les imprimantes impriment 10 à 20 pages par minute.

33.5.3 Autonomie des cartouches

Nombre de pages pouvant être imprimées avec une cartouche. Cet élément est déterminant pour le calcul du coût de l'impression : le prix de la cartouche divisé par ce nombre de pages.

33.5.4 Mémoire

Ce critère concerne essentiellement les imprimantes laser. Elles ont besoin d'une mémoire capable de contenir le dessin entier de la page avant d'en lancer l'impression. Si 512 Ko suffisent pour les fichiers texte il faut en revanche plus de 4 Mo pour les images plus grandes.

33.5.5 Les supports

Selon l'usage :

- Papier ordinaire, feuilles de format A4
- Papier listing
- Papier photo
- Transparents

33.6 Interface de connexion des imprimantes

○ Port parallèle

Les imprimantes les plus anciennes sont connectées à l'ordinateur par un câble comportant 25 conducteurs appelé aussi « câble Centronix ». Huit de ces fils communiquent les octets envoyés par l'ordinateur vers l'imprimante. D'autres fils retournent des signaux de l'imprimante vers l'ordinateur pour lui signifier des informations telles que la mise en ligne de l'imprimante, la présence ou l'absence de papier etc.

La vitesse de transfert sur un câble parallèle est limitée à 150 Ko/s.

○ Port USB

Bon nombre d'imprimantes pour PC ont à la fois un port USB et un port parallèle mais les ports parallèles tendent à disparaître.

○ Bus SCSI

Le bus SCSI surtout connu dans le domaine des disques durs a aussi été utilisé pour y connecter des périphériques externes : scanners, tables traçantes et imprimantes. Cet interface est maintenant remplacé par le bus USB ou la connexion réseau.

○ Réseau :

Les imprimantes sont des ressources qui se partagent sur les réseaux. Plutôt que d'équiper chaque ordinateur de sa propre imprimante (imprimante locale), il est souvent plus avantageux d'utiliser une seule imprimante que chaque ordinateur atteint via le réseau. C'est soit l'imprimante locale d'un ordinateur qui doit donc être allumé pour que les autres y aient accès, soit une imprimante réseau. L'imprimante réseau est équipée de sa propre carte réseau avec sa propre adresse IP. Elle possède une mémoire cache suffisante pour accepter plusieurs documents en attente d'impression.

Suivant les cas c'est l'imprimante elle-même ou l'ordinateur qui la partage en réseau qui fait office de file d'attente (*spooler*)

33.7 Les pilotes

Jusqu'il y a 10 ou 15 ans (DOS et Windows 9x), les documents au format « texte » étaient directement envoyés à l'imprimante. Chaque caractère était représenté par un code ASCII de huit bits. Certains codes ASCII non imprimables remplissaient des fonctions spéciales telles que la tabulation, le retour et le passage à la ligne ou le saut de page. C'était l'époque où pour

imprimer, on tapait la commande `COPY DOCUMENT.TXT LPT1` ou `PRINT DOCUMENT.TXT`. A présent, le sigle LPT1 est toujours réservé (il est impossible de créer un fichier à ce nom) mais il est devenu impossible d'y envoyer un texte par ces anciennes commandes.

« Écriture impossible sur le périphérique spécifié »

Les imprimantes possèdent maintenant des instructions pour changer de police ou de style. Ces commandes ne sont pas standard et diffèrent d'une marque à l'autre. Les constructeurs fournissent donc en même temps que l'imprimante un programme appelé pilote de périphérique ou « *device driver* » qui offre au système d'exploitation les fonctions d'impression spécifiques au matériel donné.

Contrairement à ce qui se faisait à l'époque du DOS, au lieu d'envoyer le document à imprimer directement sur le port parallèle, ce document est transmis par l'application au système d'exploitation. Ce dernier vous invite à choisir l'imprimante de destination et en fonction de ce choix fait appel au pilote de périphérique correspondant pour lui faire envoyer les commandes appropriées.

Le pilote de périphérique convertit le document à imprimer en une série de commandes propres à l'imprimante. La vitesse de cette conversion dépend des performances de l'ordinateur. La durée de la conversion est observable avant que l'impression ne démarre, elle est indépendante de l'imprimante.

Une alternative à ces commandes spécifiques à telle ou telle imprimante est le *langage de description de page*. Ce langage est un langage de programmation universel pouvant servir à plusieurs types de périphériques graphiques. Les plus connus sont le PCL « Printer Command Language » de Hewlett Packard et le langage *PostScript* développé par Adobe dont le format PDF (*Portable Document Format*) est un sous-ensemble. Ces langages décrivent les pages en graphismes vectoriels. C'est l'imprimante qui recompose les bitmaps pour les adapter à sa résolution maximale.

En cas de perte des disquettes ou des CD-ROM d'installation, les pilotes de périphériques se retrouvent en général facilement sur les sites des constructeurs.

33.8 *Comparaison des imprimantes*

... à compléter

33.9 *Maintenance et dépannage*

... à compléter

34 Scanners

35 Webcam

36 Assemblage d'un PC

36.1 Choix des composants – Montage - Installation

Monter un PC à partir de composants compatibles entre eux ne présente presque aucune difficulté. A peine plus compliqué qu'un jeu d'enfant, il suffit d'être un peu bricoleur. C'est un peu comme un jeu de construction « la fiche bleue dans le connecteur bleu, la fiche verte ... ».



Figure 162
Jeu de construction

La principale difficulté précède le montage :

Choisir les composants pour qu'ils soient compatibles, n'est pas aussi simple que de prendre des cubes dans une boîte de Lego.

Il n'est évidemment pas possible de monter n'importe quel processeur, n'importe quelle barrette de RAM, n'importe quelle carte d'extension etc. sur n'importe quelle carte mère. Ni n'importe quelle carte mère avec n'importe quel bloc d'alimentation dans n'importe quel boîtier. Le choix des composants demande donc que l'on connaisse le matériel et que l'on comprenne les spécificités de chaque composant. C'est pour cette raison que ce chapitre, très pratique, est précédé de bien d'autres chapitres plus théoriques. A ce stade du cours, les composants de l'ordinateur sont supposés connus. Le rôle des connecteurs, quelques notions d'électronique, ... le plus difficile est fait.

Reste l'assemblage proprement dit. Tout devrait bien se passer. Le risque de panne est quasi nul. Ça marche presque toujours. « Presque » car parfois ... ! Un détail vous a échappé et votre PC ne démarre pas. Il faut alors tout bien vérifier, ou recourir aux conseils d'une personne plus avisée.

L'une des pièces du PC est peut-être défectueuse mais comment le savoir ? Si vous montez votre PC personnel seul chez vous, contrairement aux assembleurs vous n'avez pas de composants de rechange pour essayer, en remplaçant les pièces une par une, de retrouver celle qui serait à l'origine de la panne. Si vous ramener la pièce supposée défectueuse chez le vendeur, il peut prétendre que vous avez fait une fausse manipulation et mettre votre parole et votre garantie en question ... La galère !

Une fois le PC monté, même s'il fonctionne, le travail n'est pas terminé. Il reste à installer le système d'exploitation, les pilotes de périphériques et les applications. Là aussi d'autres difficultés peuvent se présenter et ce n'est plus non plus un jeu d'enfant. Ces sujets sont développés dans le cours de maintenance logicielle ou plus loin dans ce cours en ce qui concerne les pilotes de périphériques. Il serait dommage que le PC ne donne pas entière satisfaction à cause d'une configuration mal faite, comme par exemple un pilote manquant ou inapproprié. Mais ceci est une autre histoire revenons au sujet de ce chapitre : l'assemblage du PC.



Figure 163
Les CD d'installation

36.2 *Recommandations avant l'assemblage*

- Prévoir un espace de travail confortable, dégagé et bien éclairé.
- Rassembler tous les composants, les manuels de montages et CD-ROM d'installation.
- Prendre le temps de consulter les manuels, si cela n'a pas encore été fait, avant de se lancer dans l'aventure sans quoi des détails importants risquent d'être oubliés

Il faudra prévoir une boîte ou un sachet pour ranger tout cela une fois l'installation terminée.

- Préparer les outils indispensables :
 - Tournevis plats et cruciformes aimantés,
 - Pince à long bec ou pince à épiler
 - et des outils parfois utiles :
 - Pince coupante
 - Multimètre
 - Lampe de poche

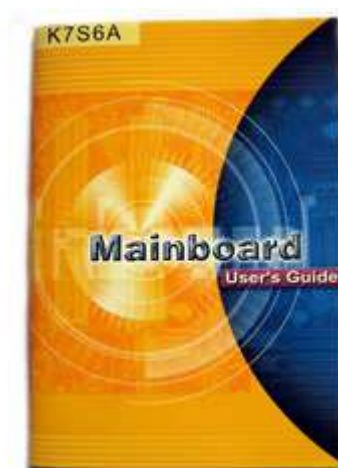


Figure 164
Manuel de la carte mère

36.3 *Recommandations pour la sécurité*

(la vôtre et celle des composants)

- Eviter les décharges d'électricité statiques, en utilisant un bracelet antistatique ou tout simplement en touchant régulièrement le châssis métallique pour être au même potentiel que les composants.
- Utiliser des sachets antistatiques pour ranger les cartes électroniques
- Ne pas poser les disques ou les circuits imprimés sur des surfaces conductrices. La carte mère, même hors tension possède une pile qui ne peut être court-circuitée.
- Attention, une vis qui tombe dans le PC peut provoquer un court-circuit.
- Ne rien brancher ou débrancher quand l'ordinateur est sous tension. Mieux vaut retirer le cordon d'alimentation.
- Avoir à l'esprit que des bagues et bracelets pourraient créer de faux contacts électriques en touchant les cartes électroniques. (au besoin les retirer)
- Se méfier des bords coupant des tôles



Figure 165 –
Sachet antistatique pour l'emballage des circuits

36.4 *Le boîtier*

Nous envisageons ici le montage d'un PC de bureau, tour ou desktop. Nous aborderons les questions de montage/démontage des PC portables dans un autre chapitre.

L'idéal est d'avoir une tour avec un fond amovible pour y fixer la carte mère et suffisamment d'emplacements pour les disques durs et les lecteurs amovibles (disquettes, CD-ROM, DVD, ...).

L'alimentation doit être capable de fournir une puissance suffisante pour les composants choisis. Le boîtier, l'alimentation et la carte mère ont tous trois le même « facteur d'encombrement » (*form factor*). On entend par là le modèle, AT, ATX ou BTX. L'AT est

dépassé, le modèle BTX n'a pas eu le succès attendu et n'a plus de raison d'être, il y a donc tout à parier que le PC sera du type ATX

36.4.1 Préparation du boîtier

Enlever le capot ou les flancs latéraux.

Placer le bloc d'alimentation s'il ne fait pas déjà partie du boîtier.

Démonter le panneau latéral qui va supporter la carte mère s'il est amovible. Il est plus facile de fixer la carte mère sur cette plaque posée à plat sur la table que de travailler dans le fond du boîtier.

Il faudra probablement démonter les caches en plastiques pour insérer les lecteurs amovibles. Il faut parfois aussi retirer des languettes d'acier qui initialement ferment les baies 5"1/4 et 3"1/2



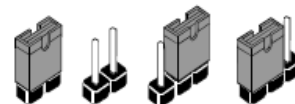
La plaque métallique où se trouvent les ouvertures à l'arrière du PC pour les connecteurs vers l'extérieur (USB, port parallèle, connecteurs réseau, joystick etc.) ne correspond probablement pas à la disposition des connecteurs de votre carte mère. Une plaquette métallique de remplacement accompagne sûrement votre carte mère. Procédez à l'échange de ces plaquettes.

36.5 La carte mère

36.5.1 Préparation de la carte mère

Avez-vous consulté le manuel de la carte mère ? Faites le avant de passer à la suite. Comparer les schémas à ce que vous voyez sur votre carte mère.

Repérez les différents connecteurs, voyez s'il y a des cavaliers à configurer et la signification de chacun d'eux.



Cherchez sur la carte mère et dans le manuel où et comment se connectent les boutons et les LEDs de la face avant. Cette disposition diffère d'une carte à l'autre. Une fois la carte fixée au fond du boîtier, il sera moins facile de lire les inscriptions souvent très petites sur un bord ou un coin de la carte mère.

Le boîtier souvent exigü et déjà encombré par le bloc d'alimentation et les supports des disques empêche de travailler est un obstacle pour travailler aisément. Il peut-être plus facile de monter le processeur sur la carte mère avant d'installer la carte mère dans le boîtier. C'est

probablement le cas si la plaque de fixation de la carte mère ne peut pas être retirée du boîtier comme sur les illustrations qui suivent.

36.5.2 Fixation de la carte mère

La carte mère est fixée au châssis à l'aide de vis et d'entretoises. Le fond du boîtier est prévu pour différentes dimensions de carte mère. Des trous filetés y sont disposés de manière à correspondre aux trous de fixation de la carte.

Fixez d'abord les entretoises en veillant à n'en mettre qu'aux positions qui feront face aux trous de fixation de la carte mère. Le nombre d'entretoises montées doit correspondre au nombre de trous de fixation de la carte. En posant la carte sur la tôle vous devez voir une entretoise derrière chaque trou. Ces entretoises ne servent pas uniquement à maintenir la carte mère dans le PC, elles assurent également un contact électrique entre le châssis et des pistes de la carte qui doivent lui être reliées (0V).

Une fois la carte mère mise en place, introduisez les vis et ne les serrez fermement qu'une fois toutes mises en place.



Figure 166 – Fixation de la carte mère sur des entretoises

36.5.3 Montage du processeur

Si vous n'êtes pas professionnel, il y a de fortes chances que le vendeur installe lui-même le processeur et son système de refroidissement avant d'y apposer une scellée dont le retrait vous ferait perdre la garantie.

Ce montage est un peu délicat, le processeur et le socket possèdent des centaines de connexions, il est vite fait de plier une patte et on risque de la casser en la redressant. Un manque de précaution contre l'électricité statique pourrait endommager le processeur. La fixation du dissipateur thermique sur le processeur est très ferme. On applique donc des forces importantes sur les attaches, gare à la casse si le positionnement du ventilateur est incorrect !



Figure 167 Socket zero force

La figure Figure 167 montre un socket ZIF "Zero Insertion Force". Le processeur possède de nombreuses broches à insérer dans le socket. Commencez par lever le levier de verrouillage du socket jusqu'à la position verticale. Posez ensuite le processeur bien à plat en respectant le sens repéré sur un coin du processeur et du support. Les contacts doivent s'introduire dans le socket sans forcer. Baisser le levier et le fixer horizontalement.

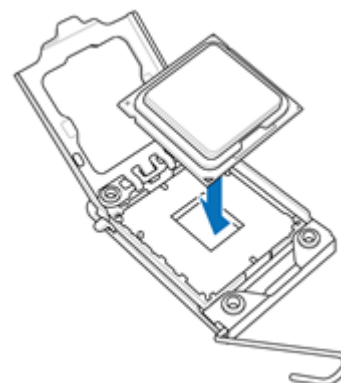


Figure 168 – Fixation du processeur dans un socket « zero force »

Les dernières générations des processeurs Intel ont des contacts en forme de pastilles et les contacts fragiles font partie du socket.

Le socket est alors protégé par un capot verrouillé par un ou même deux leviers de verrouillage.

Un cache en plastique est glissé sous le capot de manière à protéger les contacts en attendant l'installation du processeur. Retirez ce cache juste avant d'y insérer le processeur. Il ne peut être posé que dans un seul sens conformément aux positions des détrompeurs.



36.5.4 Montage du ventirad (ventilateur + radiateur)

Le dissipateur et le ventilateur forment généralement un bloc assemblé à l'avance. Un enduit de pâte thermique est habituellement préparé sous la semelle du dissipateur et protégé par un film plastique à retirer juste avant l'installation. Si ce n'est pas le cas, il faut étaler une fine couche de pâte thermique sur le processeur avant d'y poser le ventirad. Mais « poser » est un mot bien faible car le contact entre le système de refroidissement et de CPU doit être bien franc. Il faut parfois forcer ! Les systèmes de fixation sont quelquefois assez sophistiqués et ils évoluent. N'hésitez pas à consulter le manuel de la carte mère plutôt que de vous fier à votre intuition en présence d'un système que vous n'auriez encore jamais vu. La fixation du ventirad n'est pas simple si on ne comprend pas comment elle a été prévue. Il peut y avoir des recommandations particulières, comme par exemple serrer des vis dans un ordre bien déterminé. Ces recommandations, une fois connues, sont compréhensibles mais on n'y aurait sans doute pas pensé sans avoir consulté le manuel. Les conséquences de fausses manipulations peuvent être graves.



Figure 169 – Montage d'un ventirad

Voici comment on fixe un ventirad sur un modèle de socket déjà ancien. Il faut observer convenablement la semelle du refroidisseur de sorte à le positionner correctement sur le

processeur sans l'appuyer sur le bord du socket. La fixation se fait en se servant d'un tournevis comme bras de levier pour appuyer avec force le dissipateur. Une fausse manœuvre ou un tournevis mal choisi et le risque de glisser entraînera une catastrophe !

On prendra garde à ne pas oublier de raccorder le câble d'alimentation au connecteur "CPU FAN" !

Sur les cartes mères les plus anciennes, ce connecteur possède trois broches. Le câble d'alimentation est lui aussi à trois fils : un conducteur noir pour le 0V, un fil généralement rouge (mais il y a des variantes) pour fournir une tension positive (12V ou une tension variable pour les systèmes qui adaptent la vitesse du ventilateur) et un troisième fil qui retourne un signal pour contrôler la vitesse réelle.

Sur les cartes mères les plus récentes, le connecteur CPU FAN possède 4 broches pour y connecter un ventilateur muni lui aussi de 4 fils. Le fil noir pour le 0V, le second fil donne toujours 12V, le troisième renvoie un signal indiquant la vitesse réelle du ventilateur. Le quatrième fil sert à moduler la vitesse du ventilateur.

Il est possible d'interconnecter des ventilateurs avec des cartes de générations différentes. Par exemple mettre un ventilateur à trois fils sur un connecteur à quatre broches. Un détrompeur sur le connecteur de la carte mère évite les connexions erronées. Le quatrième fil destiné à réguler la vitesse n'étant pas connecté, la vitesse de rotation ne sera donc pas ajustée.

36.5.5 Montage des barrettes mémoire

Les barrettes mémoire sont pourvues d'encoches disposées sur le même bord que les contacts. Elles servent de détrompeurs et empêchent de placer les RAM à l'envers ou d'y placer un modèle non compatible avec la carte mère. Un petit décalage dans ces encoches signifie que la barrette et la carte mère ne sont pas faites l'une pour l'autre.

Ceci dit, le fait de pouvoir insérer la barrette dans un socket ne garantit pas que les spécificités de la RAM soient entièrement compatibles avec la carte mère.



Figure 170
Insertion des barrettes DIMM

Il peut même arriver que des barrettes de marques différentes mais compatibles avec la carte mère ne soient pas compatibles entre elles. C'est un montage que les détrompeurs ne sauraient empêcher.

Les barrettes DIMM s'insèrent verticalement dans leur support. Une fois enfoncées, des leviers aux extrémités du support viennent verrouiller la position.

36.5.6 Installation de la CM dans le boîtier

L'idéal est d'avoir pu fixer la carte mère sur un fond amovible que l'on fixe dans le boîtier après avoir installé tous les composants sur la carte mère.

On tiendra compte de la disposition du boîtier pour l'ordre de montage des composants.

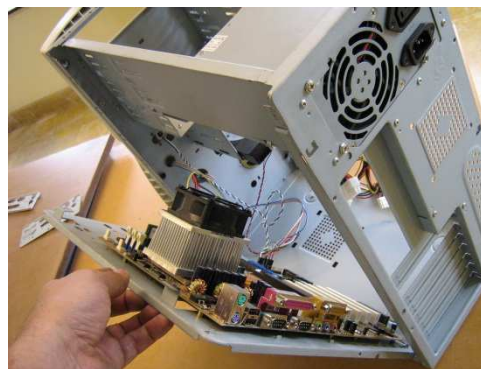


Figure 171

Carte mère fixée sur un fond amovible

36.5.7 Raccordement de l'alimentation de la carte mère

Les cartes au format ATX sont alimentées par un connecteur de 20 ou 24 broches auquel on raccorde tout simplement le câble correspondant de l'alimentation.

Les cartes mères les plus récentes possèdent aussi un connecteur 12V (2 fils jaunes et deux fils noirs).



Figure 172 – Connecteur d'alimentation 20 broches

36.6 Raccordement éléments de la face avant

La disposition des contacts du panneau frontal (*Switch/LED Front Panel*) n'est standardisée que depuis peu. Il faut se référer au manuel de la carte mère ou aux indications imprimées sur la carte pour en connaître le brochage.

Le bouton de démarrage doit impérativement être raccordé pour pouvoir démarrer le PC. Les contacts portent en général une indication du genre PWR SW ou quelque chose qui fait penser à *power switch* ou *power button*. Le sens importe peu.

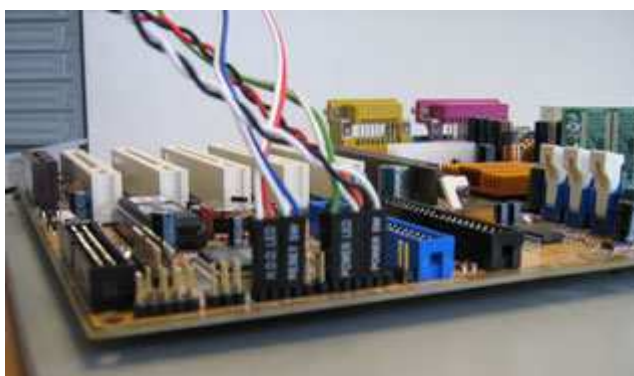


Figure 173 – Raccordement du « Front panel »

On trouve toujours aussi un bouton RESET. Le sens des contacts est sans importance.

Viennent ensuite les LEDs. (*Light Emitting Diode*) Ce sont des diodes, elles ne fonctionnent donc que dans un sens. Si ça ne marche pas, essayez l'autre sens. Une LED est destinée à indiquer que le système est sous tension. Vous devez trouver pour la repérer des indications

du genre "POWER LED". Une autre LED indique quand le disque est actif. Les connecteurs portent des indications comme HDD LED (HHD = *Hard Disque Drive*)

Pour les cartes mères les plus récentes, la disposition des contacts est maintenant standardisée comme suit :

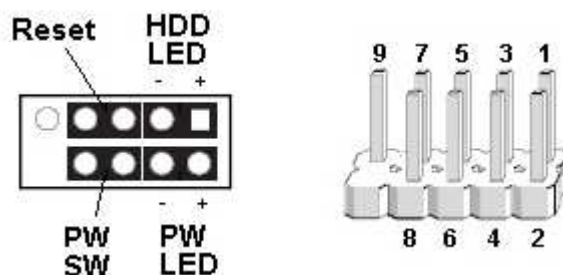


Figure 174 – Brochage du front panel

Le haut-parleur, s'il n'est pas intégré à la carte mère, est connecté via un connecteur 4 broches mais seules celles aux extrémités sont raccordées l'une à un fil rouge, l'autre à un fil noir. Le sens de ce connecteur est sans importance.

36.7 Montage des disques et des lecteurs de CD-ROM



Les lecteurs CD-ROM ou de DVD ainsi que les graveurs s'insèrent par l'avant du boîtier dans des baies 5"1/4. Fixez-les à l'aide des vis prévues à cet effet. N'en prenez pas de plus grosses ni surtout de plus longues.

Le disque dur se glisse dans le boîtier par l'intérieur dans des emplacements 3"1/2

Figure 175 – Fixation des disques

36.7.1 Raccordement des disques

Les connecteurs d'alimentations n'ont qu'un sens possible. Le raccordement des disques IDE aussi appelés ATA ou PATA est plus complexe que celui des disques SATA

Disques ATA

Pour le disque dur, utilisez une nappe à 80 fils. Raccordez le sur le connecteur noir, les deux autres sont probablement gris (pour un second disque esclave) et bleu pour le connecteur de même couleur sur la carte mère. IDE Primaire.

Un disque seul sur une nappe IDE est en général configuré en tant que maître. S'il est mis en "cable select" (sélection par câble) à condition d'être mis sur le connecteur noir cela va aussi.

Un second disque dur doit soit être mis en "cable select" et raccordé au connecteur gris soit configuré en "slave".

Les lecteurs de CD-ROM ou de DVD seront de préférence raccordés au connecteur IDE secondaire. Une nappe de 40 fils suffit.

Si votre nappe n'a pas de détrompeurs cherchez où se trouve la broche n°1 du connecteur. La nappe doit être mise de sorte que le fil de couleur soit mis du côté de cette broche.

Veillez à placer à disposition les nappes de sorte qu'elles n'empêchent pas la ventilation du boîtier.

Pour les lecteurs de CD-ROM, il y a aussi un câble audio pour le relier à la carte audio. Il sert à la lecture des CD audio.

Disques SATA

Chaque disque reçoit deux connecteurs, un pour l'alimentation et l'autre pour les données. Ces connecteurs ne sauraient être inversés à cause de détrompeurs.

36.7.2 Raccordement des lecteurs de disquettes

Glissez le lecteur par l'ouverture faite par l'avant du PC. Fixer le lecteur avec deux vis au moins.

Raccordez la nappe 34 fils et le câble d'alimentation en veillant au sens de ce dernier. (Pour rappel le lecteur reste constamment allumé au démarrage si ce câble est mis à l'envers)

36.8 Raccordement des cartes d'extension



Figure 176
Fixation de la carte AGP

Retirez les équerres métalliques aux emplacements des cartes à installer.

Insérez les cartes et vissez-les fermement. Sans cela il arrive que les cartes sortent de leurs connecteurs à cause de sollicitations sur les connecteurs vers l'extérieur ; des contacts sont alors interrompus ou pire certains contacts sont court-circuités.

Les connecteurs AGP ont un système de verrouillage pour éviter ces faux-contacts entre les rangées dédoublées de contacts



Figure 177- *Contacts de la carte AGP*

Ne placez pas de carte PCI trop près du connecteur AGP de manière à laisser l'air circuler plus facilement autour de la carte graphique. Elle chauffe aussi.

37 Tests du PC

La maintenance de l'outil informatique nécessite que nous en ayons une connaissance aussi complète que possible. Les systèmes d'exploitation fournissent pour cela des outils capables d'apporter des informations précises sur le matériel et les applications installées. Certains éditeurs tels que NORTON, déjà connus pour leurs utilitaires à l'époque du MS-DOS créent de tels programmes de test distribués parmi d'autres utilitaires aux fonctions multiples : optimisation, désinstallation, backup, gestion des partitions etc. Nous nous intéresserons aux logiciels téléchargeables sur Internet, qui proposent d'analyser la configuration du PC, d'en faire un diagnostic et d'en tester les performances. Ils sont nombreux, certains gratuits d'autres payants mais n'apportent parfois pas beaucoup plus d'informations que ce que nous indiquent les outils du système d'exploitation lui-même.

37.1 Les outils Windows

Le système d'exploitation Windows nous fournit quelques outils dont l'aspect et les possibilités diffèrent en fonction de la version.

37.1.1 Informations de base *Panneau de configuration > Système* [WIN] + [Pause]

Le panneau de configuration est un point d'entrée simple pour consulter les propriétés du système, modifier certains paramètres et installer ou supprimer des programmes ou du matériel.

Le principe est identique pour toutes les versions de Windows même si l'aspect change quelque peu. Avec **Windows 7**, on retrouve l'icône système en ouvrant le panneau de configuration puis en demandant *Afficher par ... icônes*



La méthode la plus simple et commune à toutes les versions de Windows est le raccourci clavier [WIN] + [Pause]

Cette commande donne accès aux informations de base :

Le système d'exploitation, le dernier service pack, le nom de l'ordinateur, sa description, le nom de l'utilisateur, celui du groupe de travail, les caractéristiques essentielles du CPU et de la RAM.

D'autres informations plus détaillées sont accessibles sur d'autres onglets.

La figure ci-contre illustre l'affichage de ces propriétés sous **Windows XP**.

Celle de la page suivante montre ce que cela donne avec **Windows 7**

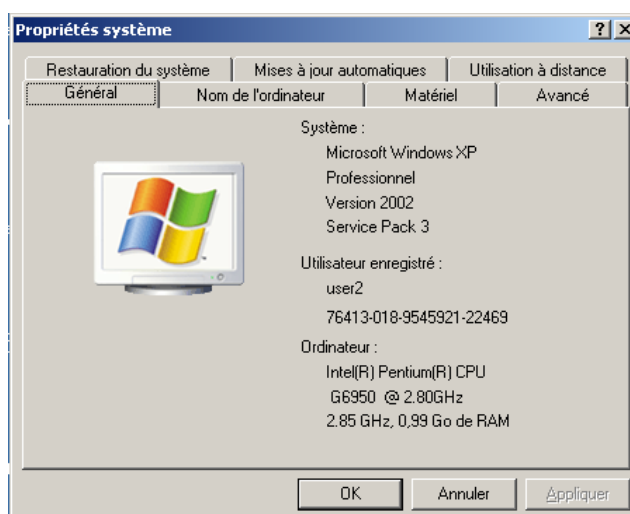
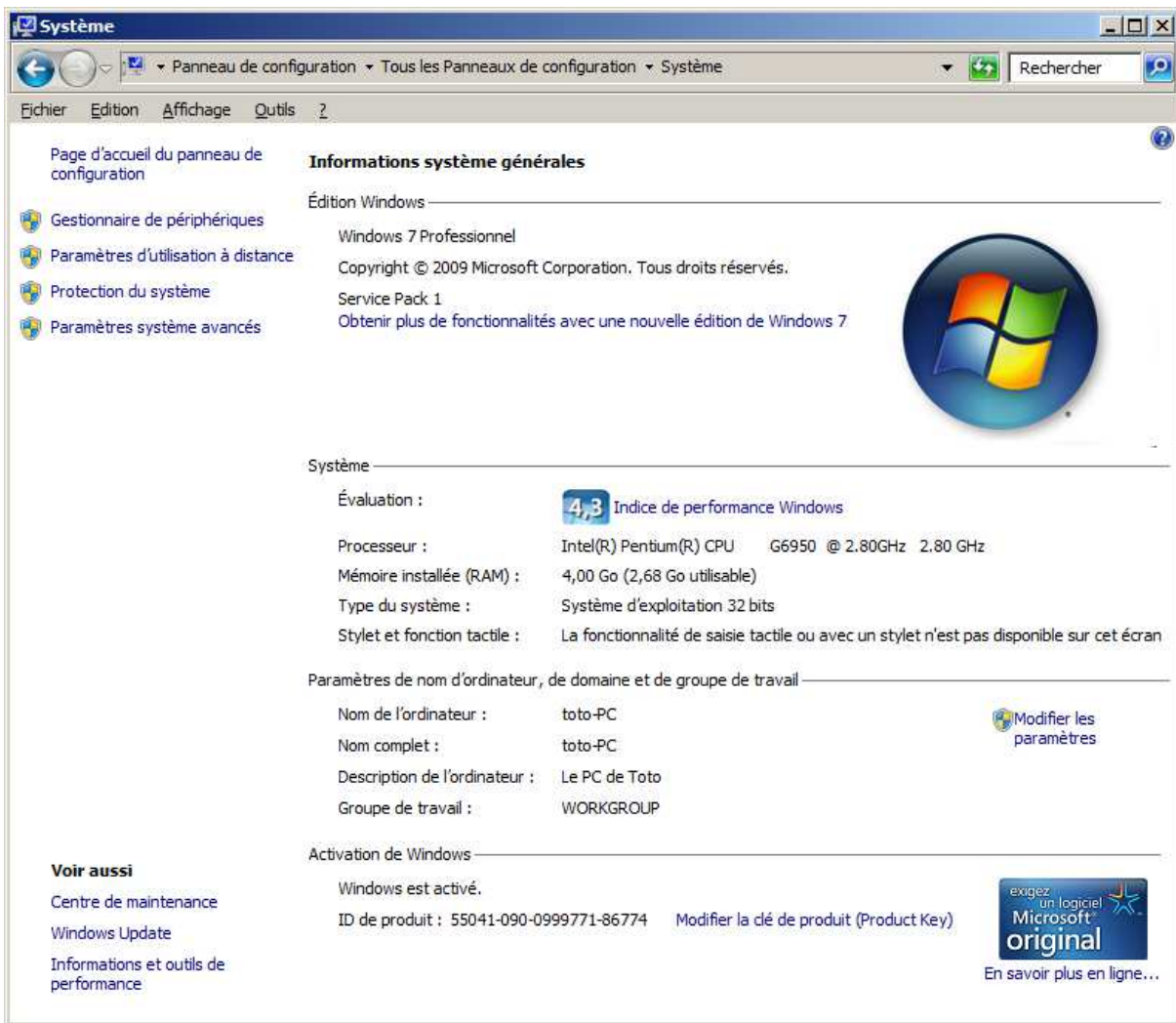


Figure 178 Informations de base (Windows XP)



37.1.2 Informations système *msinfo32*

Des informations plus détaillées peuvent être obtenues en activant la commande Informations système du sous menu Outils systèmes dans Accessoires du menu Démarrer.

Démarrer > Accessoires > Outils systèmes > Informations système

Ou plus simplement en tapant la commande *msinfo32*

L'interface de la console d'administration présente deux volets, celui de gauche pour explorer l'arborescence des informations et celui de droite pour en afficher les détails.

La figure de la page suivante montre ce que cela donne avec Windows 7.

Ce n'est pas fondamentalement différent de ce qu'on avait avec Windows 2000 (ci-contre)

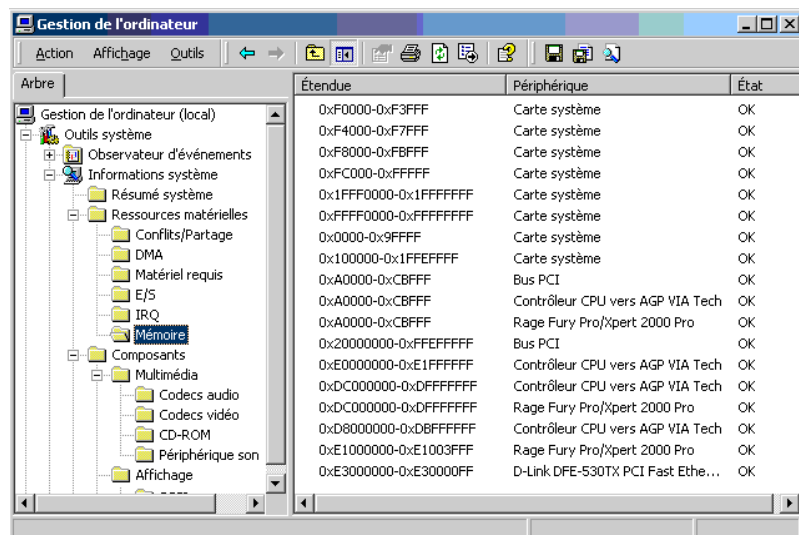


Figure 179- Informations système (Windows 2000)

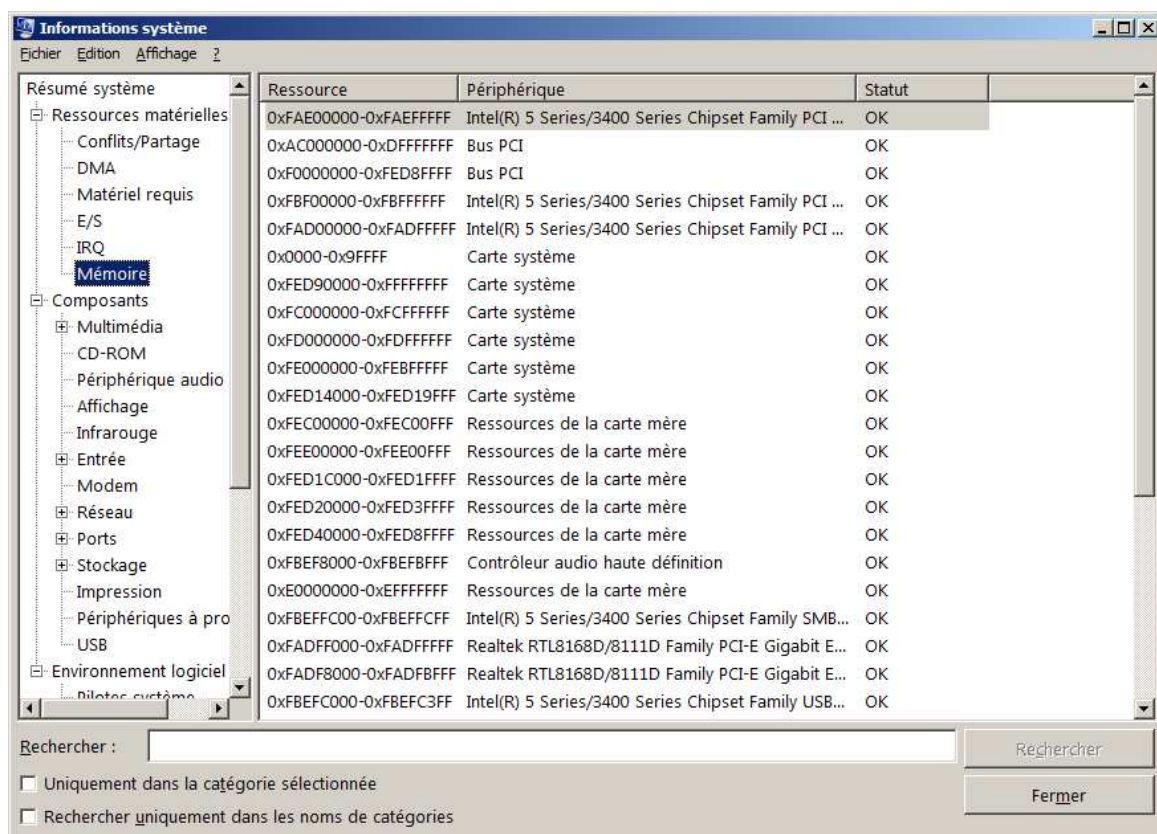


Figure 180- Informations système (Windows 7)

37.1.3 Gestion du poste de travail *Poste de travail > Gérer* *MMC COMPMGMT.MSC*

D'autres informations encore peuvent être obtenues en activant la commande Gérer du menu contextuel que l'on obtient par un clic droit sur l'icône Ordinateur (ou Poste de travail pour les versions plus anciennes de Windows) sur le bureau ou dans le menu démarrer.

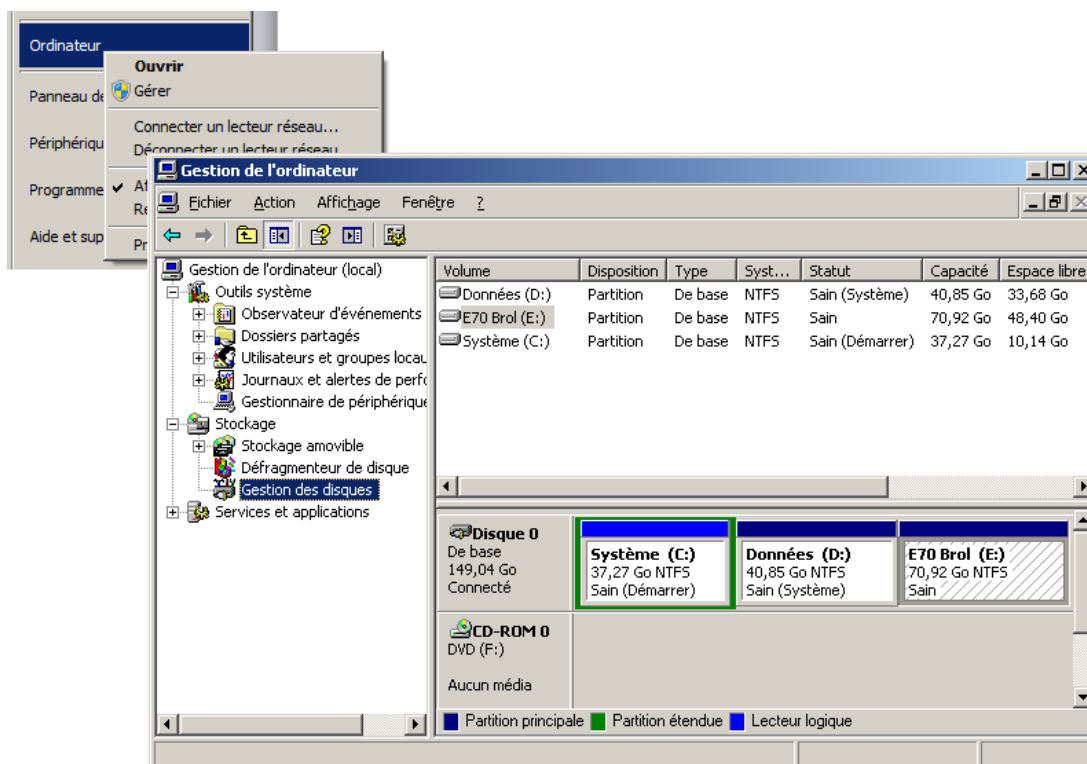


Figure 181 - Console d'administration MMC COMPMGMT.MSC

37.2 Outils à télécharger sur Internet

D'autres outils d'informations systèmes et programmes de tests se trouvent sur Internet. Souvent ils sont mis au point par les constructeurs ou les vendeurs de matériel et sont disponibles sous forme de freewares.

Des sites Internet répertorient et proposent le téléchargement d'un certain nombre de ces programmes :

- ❑ <http://www.blue-hardware.com/divers/download/>
- ❑ http://www.01net.com/telecharger/windows/Utilitaire/optimiseurs_et_tests/index.html
- ❑ <http://www.jetelecharge.com/softs-111-1.php>

On y trouve quelques **utilitaires d'information système**, de **diagnostic** et de **benchmark**.

37.2.1 AIDA 32(*gratuit mais ancien !*)

Un freeware qui collecte de nombreuses informations et les affiche en français. Ce logiciel fonctionne sur Windows 95/98/ME/NT/2000 et XP. (Taille de l'exécutable : 3,5 Mo). Sa première version a été publiée en 2001 et la dernière version la 3.93 date du début de l'année 2004. L'auteur du freeware AIDA32 étant engagé par une société nommée **Lavalys Consulting Group** qui distribue le logiciel Everest.

Voici un aperçu de ce que cela donne sur le PC ou a été rédigé ce texte :

The screenshot shows the AIDA32 v3.40 interface. The left sidebar is expanded to 'Processeur'. The main window displays a table of CPU properties:

Champ	Valeur
Propriétés du CPU	
Type de processeur	Intel Pentium 4A, 2000 MHz (5 x 400)
Alias du CPU	Northwood, A80532
CPU Stepping	B0
Vitesse d'horloge originelle	2000 MHz
Cache de trace de niveau 1	12K Instructions
Cache de données de niveau 1	8 Ko
Cache de niveau 2	512 Ko (On-Die, ATC, Full-Speed)
Informations physiques sur le CPU	
Forme du composant	478 Pin uPGA
Taille du composant	3.50 cm x 3.50 cm
Transistors	55 million(s)
Technologie utilisée	6M, 0.13 um, CMOS, Cu, Low-K
Taille interne	146 mm2
Voltage au coeur	1.475 - 1.55 V
Voltage d'entrée/sortie	1.475 - 1.55 V
Puissance typique	38.7 - 68.4 W (dépendant de la vitesse d'horloge)
Puissance maximale	49 - 85 W (dépendant de la vitesse d'horloge)
Fabricant du processeur	
Nom de l'entreprise	Intel Corporation
Information sur le produit	http://www.intel.com/products/browse/processor.htm
Utilisation du CPU	
CPU n°1	0 %

37.2.2 Everest Ultimate

(Payant avec version d'évaluation 30 jours)

Everest est un logiciel de diagnostic créé par l'auteur d'AIDA32. Il reprend tout ce qui a fait le succès de ce premier utilitaire : outre les informations très complètes sur les différents composants du PC, il en mesure les performances grâce à des benchmarks intégrés.

Everest Ultimate est un logiciel payant avec selon le site mentionné ci-dessus une version d'essai gratuite permettant 30 jours d'évaluation.

<http://www.clubic.com/telecharger-fiche12281-everest-ultimate.html>

37.2.3 AIDA64 Extreme edition (Payant + version d'évaluation)

Everest Ultimate AIDA 64 est la version actuelle de ce logiciel de test de tous les composants, aussi bien matériels que logiciels du PC. Il existe une version d'évaluation gratuite.

http://www.01net.com/telecharger/windows/Utilitaire/optimiseurs_et_tests/fiches/109179.html

37.2.4 PC WIZARD 2012

Gratuit, publié le 20-8-2012 pour Windows XP, Vista, 7 et 8.

PC Wizard est donc un utilitaire récent pour la détection du matériel capable d'identifier une large gamme de composants systèmes actuel aussi bien matériels que logiciels.



http://www.01net.com/telecharger/windows/Utilitaire/optimiseurs_et_tests/fiches/26513.html

37.2.5 *Belarc Advisor*

Ce logiciel établit un profil logiciel et matériel détaillé du PC.

Il fonctionne sur toutes les versions de Windows en 32 ou 64 bits jusqu'à la version 8.

Belarc Advisor peut être téléchargé gratuitement. Il utilise votre navigateur web pour afficher les résultats de ses tests. http://www.belarc.com/free_download.html .



37.2.6 *Sisoft Sandra*

Est lui aussi un logiciel de détection du matériel et de test. Il est gratuit. Au moment de l'écriture de ces lignes la dernière version de Sisoft Sandra date du 5-11-2012 et convient à toutes les versions de Windows jusqu'à la version 8.

http://www.01net.com/telecharger/windows/Utilitaire/optimiseurs_et_tests/fiches/308.html

37.2.7 *System Information for Windows (SIW) 2013*

Dernière version très complète mais payante.

Il en existe une version moins récente. Elle date du 29 octobre 2011 mais elle est gratuite et surtout portable.

Placée sur une clé USB elle permet de tester les PC sans rien y installer.

<http://www.commentcamarche.net/download/telecharger-34067235-siw-portable>



38 Dépannage

38.1 La panne

Face à une panne jamais vue, il est difficile au vu des premiers symptômes de dire si elle est bénigne ou sévère. Si nous n'avons pas trop d'expérience ou si, malgré notre expérience, la panne nous résiste, nous aurons le sentiment agaçant de ne plus rien comprendre. C'est comme si cette panne, échappant à toute logique nous narguait, elle nous énerve, nous perdons patience, et ... c'est alors que tout se complique ! La panne devient de plus en plus vicieuse, exaspérante ! Quelle en est l'origine ? Est-ce une grosse panne matérielle, un programme foireux, un virus, un petit bug minable que nous ne sommes même pas foutu de trouver ! Ou alors est-ce nous, qui désarmés, sommes en panne d'idées ?

Les problèmes peuvent aller du plus simple au plus complexe. Le temps qu'il faudra pour trouver la raison de la panne ne sera pas toujours proportionnel à sa complexité. Sans méthode, tout va dépendre de notre (mal)chance. Sinon, statistiquement (ça veut dire, pas toujours) il sera inversement proportionnel à notre compétence :

- notre expérience et de la connaissance que nous avons du matériel et de son fonctionnement
- mais aussi la méthode utilisée pour chercher la panne : perte de temps et prise de risque si l'on agit de manière désordonnée ou si l'on pose un mauvais diagnostic.

Un système informatique est un ensemble complexe, une sorte de chaîne dont tous les éléments doivent être intacts. En y pensant bien, le fait qu'il fonctionne tient du miracle ! Si la panne survient après un certain temps de fonctionnement, il y a de fortes chances que la cause soit unique. Si par contre le système n'a jamais marché, il est hélas probable que les causes et les problèmes soient multiples.

38.2 Petites ou grosses pannes

Les dépanneurs professionnels remarqueront que les pannes obéissent à la loi de Pareto. Elles sont fort inégales : 80% des pannes se résolvent facilement et ne prennent que 20% du temps des dépanneurs tandis que 20% des pannes monopolisent 80% de leur énergie.

38.3 Les hypothèses

Une même panne a une multitude de causes possibles. Il faut lutter contre la tendance très naturelle de se focaliser trop vite sur la première supposition qui vient à l'esprit et se précipiter dans une intervention irréfléchie. La première étape est d'abord de s'interroger sur toutes les causes plausibles. Il s'agit donc de faire d'abord un ensemble d'hypothèses pour ensuite, et ensuite seulement, choisir celle que l'on va commencer par vérifier.

Envisager, dès le début, toutes les hypothèses possibles.

Les hypothèses faites avec méthodes ne conduisent pas de suite à la panne mais le fait de pouvoir en écarter certaines, nous permettra d'avancer de manière de plus en plus précise vers le défaut sans avoir l'impression de tourner en rond et ne savoir que faire.

38.4 *Priorités des interventions*

Les hypothèses étant multiples, les interventions envisageables le sont aussi. La priorité que l'on donnera à tel ou tel type d'intervention dépendra bien sûr de la vraisemblance de l'hypothèse considérée mais aussi et surtout de la facilité de vérifier cette hypothèse.

Aller du plus simple au plus compliqué.

38.5 *Essais- Vérifications*

Le dépannage se fait par essais successifs. Commençons par évaluer parmi toutes les hypothèses plausibles, celle qui conduit aux mesures les plus simples en évitant les risques inconsidérés.

Prendre toutes les précautions utiles avant de faire des changements importants.

Avant de faire des manipulations importantes assurons-nous d'avoir une sauvegarde correcte des données ou de la configuration initiale.

Pourrons-nous faire marche arrière ?

Ne changer qu'une chose à la fois, contrôler deux fois plutôt qu'une l'effet du changement.

Annuler les changements qui aggravent la situation ou dont on n'est pas sûr.
Il est inutile d'ajouter d'autres causes de panne.

La considération systématique de toutes les hypothèses nous évitera de tourner en rond. Les causes probables, même si elles sont écartées par des essais négatifs, nous apportent des conclusions positives puisqu'elles nous rapprochent de la cause réelle de la panne.

38.6 *Questions - Le diagnostic*

La difficulté lors d'un dépannage provient parfois aussi du fait qu'on ne sait pas grand-chose du passé de la machine. Il faudra interroger son utilisateur.

38.6.1 *Les symptômes*

Questions à l'utilisateur :

- Le système fonctionnait-il normalement avant la panne ?
- A-t-il déjà fonctionné ?
- Il y a-t-il eu une dégradation progressive des performances ?
- A quelle occasion la panne s'est-elle présentée ?
- Donner une description de la panne.
- Il y a-t-il un message d'erreur ? Lequel ?
- Des bips ? Combien ?
- Le problème s'est-il déjà produit précédemment ?
- Comment a-t-il été résolu ?
- A-t-on fait des modifications récentes du matériel ou du logiciel ?
- L'erreur peut-elle être reproduite ?

Quand un utilisateur vous soumet une panne, pensez à lui poser toutes ces questions mais veillez d'abord à le mettre en confiance. N'utilisez pas de jargon inutile, pensez à mettre l'utilisateur à l'aise. En aucun cas, il ne doit se sentir coupable d'avoir fait une fausse manœuvre ou de ne pas comprendre vos questions, ni même de ne pas savoir vous redire le message d'erreur qu'il n'a pas eu le temps de lire et que de toute façon il n'aurait pas compris (et probablement vous non plus !). Un interrogatoire peu respectueux de l'utilisateur risque de

le mettre dans une attitude défensive. Il n'osera plus vous dévoiler les quelques informations qui pourtant pourraient vous être précieuses telles que les manipulations, modifications ou installations qu'il vient de faire. Et tant pis pour vous vous n'aviez qu'à être polis !

Quelques questions anodines (ou même humoristiques) permettront de détendre l'atmosphère et peut-être même de révéler un détail intéressant :

- A quelle heure la panne s'est-elle produite ?
- Apercevez-vous de la fumée?
- Entendez-vous un bruit anormal ?
- Est-ce une panne grave ou le système peut-il fonctionner malgré tout ?

Attention toutefois à ne pas passer pour un farfelu. Commencez par des questions d'ordre général (environnement, utilisation de la machine, conséquences de la panne, ...) pour cerner progressivement la panne en posant des questions de plus en plus précises.

38.7 Conclusions

La cause de la panne une fois trouvée, le problème une fois résolu, n'oublions pas d'en garder la leçon. La compétence du dépanneur est une question d'expérience.

- Notons dans un carnet ce qui s'est passé afin de pouvoir retrouver ces informations lors de pannes similaires
- Le fait de résumer les faits en les notant nous force à mieux les comprendre
- Ce carnet devrait aussi nous servir pour y consigner toutes les modifications que nous apportons aux systèmes. Peut-être seront-elles à leur tour causes directes ou indirectes des prochaines pannes.

38.7.1 Bibliographie et liens

- *Troubleshooting and Repair Guide* <http://www.pcguide.com/ts/>
- SOS dépannage PC : Les bons conseils pour réparer son micro sur **01net**.
<http://www.01net.com/editorial/403813/sos-depannage-pc-les-bons-conseils-pour-reparer-son-micro/>
- Notes de cours : Maintenance Informatique – Analyse des pannes et problèmes –
H. Schyns – Ecole de Commerce et d'Informatique

39 Le BIOS

Basic Input / Output System = système d'entrées / sorties de base

Le BIOS dont nous parlerons principalement ici est le BIOS système, un programme stocké dans la Flash EPROM qui se trouve sur la carte mère. L'acronyme BIOS (*Basic Input / Output System*) indique qu'il s'agit d'un programme regroupant les fonctions d'entrées/sorties de base pour la gestion de l'écran, celles du clavier, ainsi que des disques, de l'horloge et de différents ports d'entrées/sorties.

Outre ces fonctions d'entrées/sorties, le BIOS contrôle l'ordinateur depuis l'allumage jusqu'à la fin du chargement du système d'exploitation. C'est d'ailleurs son rôle le plus important : initier le chargement du système d'exploitation.

Le hardware étant en constante évolution, les nouveaux périphériques tels que les cartes vidéo et les lecteurs de disques optiques (CD, DVD, Blu-Ray) ont régulièrement besoin de fonctions qui initialement ne sont pas prévues dans le BIOS de la carte mère. Le plus simple est dès lors d'adjoindre de nouveaux *pilotes de périphériques* ou *drivers* au système d'exploitation.

Certaines cartes d'extension doivent cependant donner accès à des fonctions spécifiques avant que le système d'exploitation ne soit chargé en mémoire. Ces cartes sont alors elles aussi équipées d'un BIOS qui leur est propre, le « *Firmware* », contenant les fonctions de base particulières. Le programme de BIOS de la carte mère consulte tour à tour chaque carte périphérique pour connaître celles qui disposent d'un *BIOS intégré*.

Les programmes qui constituent le système d'E/S de base sont donc répartis comme suit :

- Le BIOS de la carte mère (en ROM ou en mémoire flash)
- Les BIOS des cartes périphériques
- Les pilotes de périphériques (*device drivers*)

Ces programmes fournissent l'ensemble des fonctions dont l'OS a besoin pour communiquer avec le matériel. Ils sont dits de «bas niveau» et sont parfois appelés «microprogrammes»

39.1 Le BIOS de la carte mère

Il contient

1. Les fonctions d'E/S de base
2. Le POST ou *Power On Self Test* chargé de contrôler les principaux composants du PC lors de la mise sous tension
3. Le programme de configuration (*Setup*) qui peut être appelé pendant la séquence de démarrage pour paramétrer les options du système : les lecteurs, la date et l'heure, les mots de passe, la gestion d'énergie et différentes options de la carte mère. Les cavaliers et les micro-interrupteurs qui étaient présents sur les anciennes cartes-mères sont maintenant remplacés par des options qui se configurent dans ce *Setup*.
4. Le programme d'amorçage qui recherche dans les disques ou sur le réseau un OS à installer en mémoire et à qui passer la main ensuite.

39.2 Qui écrit ces BIOS ?

Certains fabricants de cartes-mères écrivent eux-mêmes leurs BIOS mais font appel la plupart du temps à l'une des deux ou trois sociétés suivantes : AMI, Award et Phoenix (Award a été

rachetée par Phoenix) Ces éditeurs de BIOS personnalisent leurs programmes en fonction des spécificités de chaque carte mère.

C'est donc le site du fabricant de la carte mère qu'il faut visiter en premier lieu si vous souhaitez trouver une mise à jour de votre BIOS.



Figure 182 – Différents modèle de ROM Bios

39.3 Quelle version de BIOS avez-vous dans votre PC ?

Voici diverses méthodes pour déterminer quelle est la marque et la version du BIOS :

1. Première solution : Lire les indications fugaces de l'écran de démarrage. L'affichage est si bref qu'il faut pouvoir suspendre le démarrage en pressant la touche PAUSE.

```
Phoenix BIOS 4.0 Release 6.0
Copyright 1985-2001 Phoenix Technologies Ltd.
All Right Reserved
BIOS Revision: 1.00.05
KBC/EC Firmware Revision : 1.00.04
```

Figure 183 – Indications de l'écran de démarrage

2. Deuxième solution : Utiliser les outils « fait pour » : consulter les [informations système](#) Démarrer > Programmes > Accessoires > Outils système > Informations Système ou [msinfo32](#) en mode invite de commande

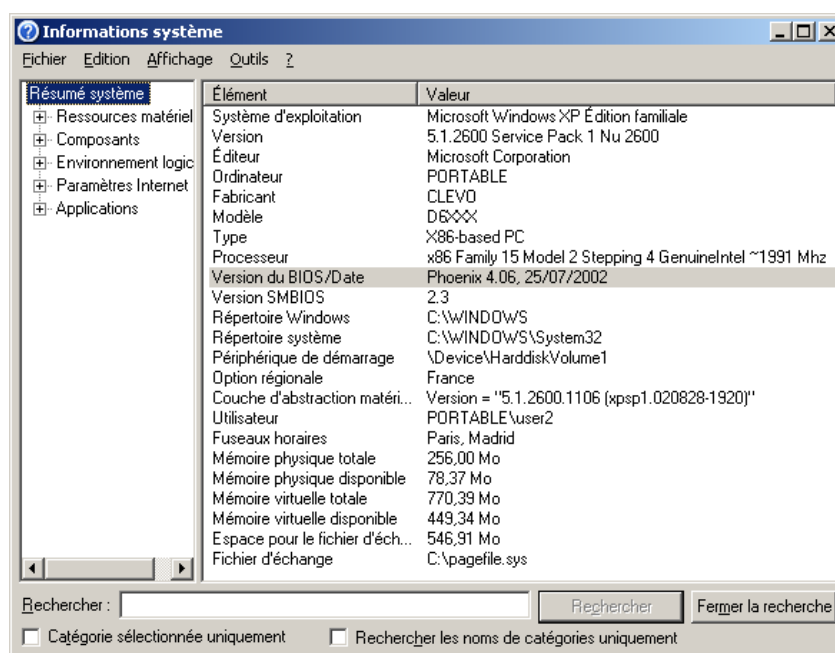


Figure 184 – Informations système

3. Troisième solution : Rechercher cette information dans le registre de Windows

- Démarre > Exécuter ...
- Taper REGEDIT puis cliquer sur OK
- Aller en HKEY_LOCAL_MACHINE\HARDWARE\DESCRIPTION\System pour y lire la valeur de SystemBiosVersion

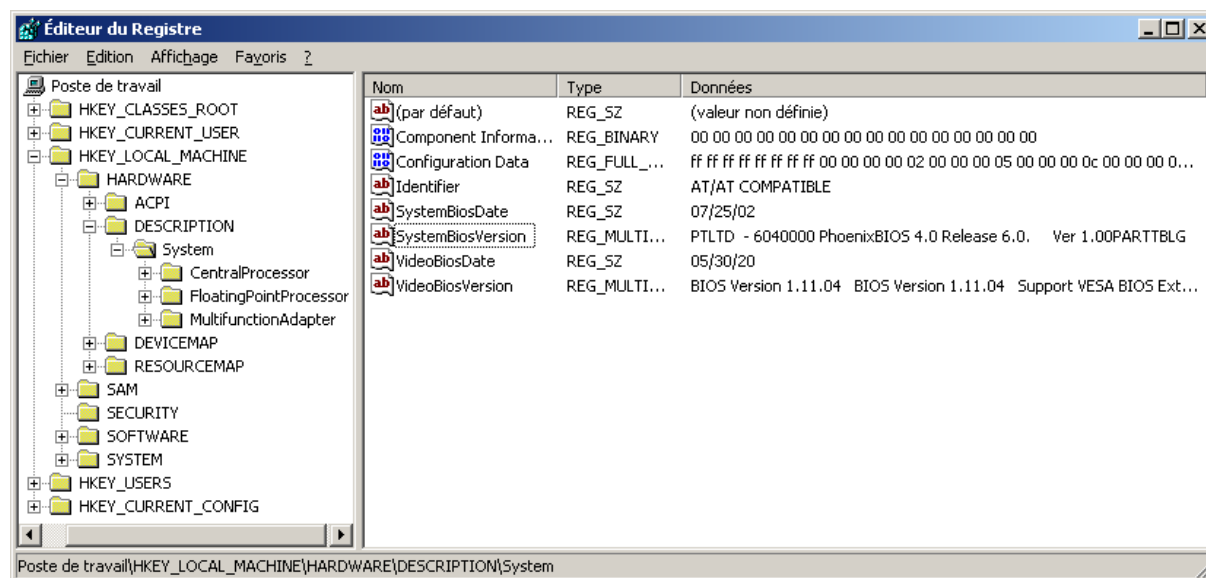


Figure 185 - REGEDIT

4. Quatrième manière de s'informer sur la version de votre BIOS : Utiliser un utilitaire



Rendez-vous sur le site <http://www.esupport.com> ou à l'adresse <http://www.wimsbios.com> pour y télécharger un «Bios Agent» qui pourra déterminer la version de votre BIOS et votre chipset.

Vous êtes ensuite invité (mais rien ne vous y oblige) à envoyer ces infos aux auteurs du site pour qu'ils vous conseillent les upgrades qui vous conviendraient.

39.4 Le POST

Le POST pour *Power On Self Test* (autotest à la mise sous tension) est la part du BIOS qui intervient en premier lieu dès l'allumage du PC. Sa tâche est de vérifier les composants essentiels aux fonctions de base : le processeur, la RAM, présence du clavier, d'une carte graphique, etc. Ces tests rapides et superficiels ont pour seul objectif de détecter les erreurs qui empêcheraient le démarrage.

Tant que l'affichage à l'écran n'est pas fonctionnel (défaut de la RAM, de la carte graphique ou de la connexion au moniteur) le seul moyen de signaler une défectuosité est d'émettre des **bips sonores**.

Le manuel de la carte mère vous indique les conventions adoptées pour l'interprétation du signal acoustique fait d'un certain nombre de bips qui peuvent aussi se distinguer par leur longueur ou leur fréquence (tonalité grave ou aigüe). Ces codes varient d'un constructeur à l'autre, il faudra consulter le manuel de la carte mère ou le site du constructeur pour avoir plus de détails sur les codes d'erreur d'un BIOS spécifique.

Les messages du BIOS sont notifiés en toutes lettres à l'écran dès après le test et l'initialisation de la carte vidéo quand l'affichage est opérationnel.

Il existe des cartes de diagnostic qui affichent des valeurs hexadécimales écrites par le POST au cours de sa progression. Ce sont des cartes d'extension à placer dans un port PCI ou mieux une carte à raccorder au PC via un connecteur externe (RS232, port parallèle ou USB).

Le défilement de ces codes s'interrompt dès qu'une erreur est constatée ou si le programme se bloque. La solution semble intéressante mais les codes affichés dépendent encore une fois des constructeurs. Pour peu que l'écran soit fonctionnel, il n'y a aucune raison que les codes qui peuvent être affichés sur ce type de carte ne puissent pas l'être aussi à l'écran. Ce gadget n'est sans doute pas aussi utile qu'il ne le semble à première vue.



Figure 186 – Carte de diagnostic

<http://www.diy-computers.com/repairs/postcard.html>

39.5 *La RAM CMOS*

Un composant RTC/NVRAM sur la carte mère contient l'horloge temps réel RTC (*Real Time Clock*) et la NVRAM (*Non Volatile RAM*) aussi appelée RAM CMOS parce que basée sur les transistors CMOS (cf. La technologie CMOS p. 9-9).

La RAM est alimentée en permanence par une pile, elle conserve de la sorte les paramètres que l'on configure par le programme de Setup.

40 La configuration du BIOS

Le *setup* est un utilitaire de configuration du PC qui fait partie du BIOS. C'est en quelque sorte la partie visible de l'iceberg puisque les autres fonctions du BIOS ne sont utilisées que par les rares programmeurs système qui y font appel pour écrire par exemple des pilotes de périphériques ou des programmes de test du matériel.

40.1 Accès au setup

L'accès au setup ne se fait en principe que durant la phase de démarrage. Les concepteurs de ces programmes se sont enfin mis d'accord pour standardiser l'usage de la touche Del pour entrer dans le setup. Pour les BIOS les plus anciens ... toutes les combinaisons de touches ont été utilisées Esc, F1, F2, F10, Ctrl+Esc, etc. La ou les touches à presser pour entrer dans le setup sont généralement indiquées au bas de l'écran durant les premiers instants du démarrage.



```
Press DEL to enter SETUP , ALT+F2 to enter AMDFLASH
85/13/2003-nVidia-nForce-6A61BA1AC-19
```

Figure 187 – Deux lignes au bas de la page de démarrage :

La première indique comment ouvrir le setup ou lancer la mise à jour du BIOS

La seconde ligne donne des informations sur la carte graphique

40.2 Interface du setup

L'interface de l'utilitaire de configuration du BIOS est réalisé en mode texte de sorte à ne pas devoir faire appel aux fonctions avancées de la carte graphique car à ce stade du démarrage du PC le pilote de la carte graphique n'est pas encore chargé en mémoire. L'aspect de l'interface varie d'un éditeur à l'autre, et même d'une version à l'autre chez un même éditeur.

Le manuel d'utilisation de la carte mère devrait contenir toutes les instructions pour nous aider à utiliser le programme de *setup*. Il présente chacune des options et vous indique la configuration par défaut. Malheureusement, ces guides se contentent souvent de décrire chaque option en une ou deux lignes qui ne nous apprennent rien de plus que ce qui est déjà indiqué à l'écran.

A mesure que les PC deviennent plus complexes, le nombre d'options configurables ne cessent d'augmenter. Cela nous donne l'occasion de mieux contrôler le système mais cela peut aussi être source de confusion.

Les pages de menu que montre le setup indiquent les touches à utiliser pour naviguer parmi les options. Enter pour sélectionner une option, les flèches pour se déplacer entre elles, PgUp et PgDn pour passer d'un groupe d'option à l'autre, Esc pour remonter dans l'arborescence du menu. En cas de doute la touche F1 sert à appeler l'aide.

40.3 Les options du BIOS

Certaines options du setup sont quasi universelles, d'autres sont inhabituelles, voire insolites. La terminologie varie d'un constructeur et d'une version à l'autre et la variété de paramètres, notamment ceux qui concernent le chipset, croît sans cesse. Certains sont définis par les fabricants des chipsets, d'autres par les concepteurs des BIOS, d'autres encore par ceux des cartes mères. Le tout est mal ou tout simplement non documenté, en cas de doute mieux vaut alors en rester aux options par défaut.

<i>Swap Floppy Drive</i>	S'il y a 2 lecteurs de disquettes, cela permute les lettres A et B
<i>Boot Up Floppy Seek</i>	Concerne la disquette 360 k ! (dépassé)
<i>Boot Up NumLock Status</i>	Définit si le NumLock (le verrouillage du pavé numérique) est actif au démarrage.

... à suivre

Index

A

AC 5-2
 ACPI 15-4
 AGP 19-12, 36-10
 AIDA 32 37-4
 AIDA64 37-5
 AMI 39-1
 Ampèremètre 5-4
 Analogique 5-1
 APM 15-4
 Assemblage d'un PC 36-2
 AT 17-2
 ATA 23-3
 ATAPI 23-3
 Atome 2-3
 ATX 15-3, 17-3, 36-8
 Award 39-1

B

Bande passante 19-2, 21-9
 Belarc Advisor 37-6
 BIOS 39-1
 Bloc d'alimentation 12-4, 15-1
 Boîtier du PC 12-1, 13-1
 BTX 17-4
 Bus 19-1
 Bus système 19-3
 Front side Bus 19-4

C

Cable select 23-3, 36-9
 Capacité
 Capacité d'un condensateur 6-2
 Carte mère 12-4, 17-1
 CAS - Col Address Strobe 21-10
 Chipset 20-1
 Circuit électrique 2-6
 Circuit hydraulique 2-6
 Circuit imprimé 10-1
 Circuit intégré 11-1, 11-2
 CL - CAS Latency 21-9
 CMJN 31-4
 CMOS 9-9
 Code des couleurs 2-9
 Condensateur 6-1
 Conductance 2-8
 Conducteur 2-5
 Connecteurs
 à l'arrière du PC 12-3
 Cartes d'extension 12-5
 Couleurs 31-1, 32-3
 Courant alternatif 4-1
 Courant électrique 2-5
 CRT - Cathodic Ray Tube 32-2

D

DC 5-2
 DDR2 21-8
 DDR3 21-8
 Déphasage 4-3
 Device driver 26-1
 Différence de potentiel Voir Tension
 Digital 5-2
 DIMM 21-7
 Diode 9-3
 Disque dur 23-1
 Disque IDE 23-4
 Dopeur / Dopage 9-1
 DRAM 21-3
 Dual channel 21-11

E

Ecran 32-1
 Effet Joule 3-1
 EISA 19-9
 Électricité statique 2-4
 Électromagnétisme 3-2
 Électron 2-3
 Électron libre 2-5
 EPROM 21-1, 39-1
 Everest Ultimate 37-5

F

Facteur d'encombrement 17-2
 Farad 6-2
 Fer à souder 10-3
 FET Voir Transistor FET
 Flash EPROM 21-2
 form factor 17-2
 Fréquence 4-2
 Front Panel 36-8

G

Gestionnaire de périphérique 26-3

H

Hard Disc Voir Disque dur
 hfe 5-3

I

ICH 19-4, 20-1
 IDE 23-1, 23-3
 Impédance 4-4, 6-3
 Imprimante 33-1
 Inductance 7-2
 Informations système 37-2
 Intensité 2-7, 3-3
 ISA 19-8
 Isolant 2-5

J

Jet d'encre 33-2
 Jonction PN 9-2

L

Latence 21-5
 LCD 32-4
 LED 9-3
 Loi d'Ohm 2-8, 7-3
 LPX 17-2
 Lumière polarisée 32-4

M

MCA 19-9
 MCH 19-4, 20-1
 MemTest86+ 22-2
 Mesure 5-1
 Mirroring 24-2
 MMC 26-4
 msinfo32 37-2, 39-2
 Multimètre 5-1

N

Nappe IDE 23-3
 Neutron 2-4
 NLX 17-3
 Noyau 2-3
 Nucléon 2-4
 Numérique 5-2

O

Ohm 2-8
 Ohmmètre 5-5
 Onduleur 16-1

P

Parafoudre 16-3
 PC Voir Personal Computer
 PC WIZARD 37-5
 PCB Voir Printed Circuit Board
 PCI 19-10
 PCI Express 19-12
 Période 4-1, 4-2
 Périphériques 26-1
 Personal Computer 12-1
 PGA 18-2
 Phoenix 39-2
 Pilotes de périphériques 26-1
 Plug and Play 19-11
 PnP Voir Plug And Play
 Pompe à dessouder 10-5
 Portes logiques 9-6
 POST - Power On Self Test 39-3
 POST - Power Self Test 22-1
 Printed Circuit Board 10-1
 Processeur 12-4, 18-1
 286 18-3

386 18-4
 486 18-4
 8086 et 8088 18-3
 Celeron 18-6
 Pentium 18-5
 Pentium III 18-7
 Pentium M 18-8
 PROM 21-1
 Proton 2-4
 Puissance 2-13, 3-2, 4-1, 8-1
 Puissance du bloc d'alimentation 15-2
 Puissance en alternatif 4-4

Q

Quantité d'électricité 3-3, 6-2

R

RAID - Redundant Array of Independent Disks .. 24-1
 RAM 21-2
 RAM CMOS 39-4
 Rapport de transformation 8-2
 RAS - Row Address Strobe 21-10
 Réactance 4-4
 Redressement du courant alternatif 9-4
 REGEDIT 39-3
 Résistance 2-7, 2-9, 3-3
 résistor 2-9
 RIMM 21-7
 ROM 21-1
 RVB 31-4

S

SCSI - Small Computer System Interface 23-5
 Self 7-1
 Self-induction 7-2
 Semi-conducteur 9-1
 Setup 40-1
 Siemens 2-8
 Silicium 9-1
 SIMM 21-6
 Sinusoïde 4-2
 SMD 2-9
 Socket 18-2
 Soudure 10-3
 SPGA 18-2
 SRAM 21-2
 Stripping 24-1
 Synthèse additive 31-3
 Synthèse soustractive 31-4
 System Information for Windows (SIW) 37-6

T

Tension 2-6, 3-4
 TFT 32-5
 Timing 21-9
 Transformateur 8-1
 Transistor
 Bipolaire 9-4

FET9-7
MOSFET9-8
Tresse à dessouder..... 10-5

U

UPS 16-1, 16-3

V

Ventilation..... 13-2
Ventirad 36-6
Voltmètre..... 2-6, 5-3

