

CHAPITRE 3

MICROPROCESSEURS : TYPES ET CARACTERISTIQUES

Le cerveau de l'ordinateur c'est le processeur aussi appelé CPU – central processing unit – ou encore processeur. Il effectue les calculs nécessaires au fonctionnement de l'ordinateur et traite les données. C'est la pièce la plus onéreuse de l'ordinateur : C'est la société Intel qui est considérée comme l'inventeur du processeur dont elle a sorti le premier exemplaire en 1971. Aujourd'hui Intel contrôle la quasi-totalité du marché des processeurs tout au moins en ce qui concerne les PC. Ainsi tous les ordinateurs compatibles PC sont dotés des processeurs de marques Intel ou fabriqué par l'un des rares concurrents d'Intel – AMD ou Cyrix -

Partie 1 :

- Caractéristiques du processeur -

2 paramètres principaux servent à identifier un processeur : sa largeur et sa fréquence. La fréquence est un concept relativement simple à comprendre. Elle se mesure en mégahertz et correspond au nombre de millions de cycles par seconde que le processeur est capable d'effectuer. Plus elle est élevée, plus le processeur est rapide. La largeur d'un processeur est un concept un peu plus complexe, car le processeur possède en fait trois paramètres exprimés sous la forme d'une largeur :

- F** le bus d'E-S de données,
- F** Le registre interne,
- F** Le bus d'adresses de mémoire.

-A- Fréquences de processeurs

La vitesse d'horloge d'un PC est mesurée sous la forme d'une fréquence, exprimée en nombre de cycle par seconde. La fréquence d'horloge est mesurée par un oscillateur en cristal à l'aide d'un éclat de quartz inséré dans un petit boîtier en fer blanc. Lorsqu'une tension est appliquée, il commence à vibrer à une fréquence régulière conditionnée par la forme et la taille du cristal. Ces oscillations en provenance du cristal se présentent sous la forme d'un courant alternatif qui constitue le signal d'horloge. Un processeur informatique effectue des millions de cycles par seconde. La vitesse d'un processeur se mesure en MHZ. Un hertz correspond à un cycle par seconde.

Le cycle désigne la plus petite unité de temps au niveau du processeur. Chaque opération nécessite au moins un cycle.

Le temps nécessaire à l'exécution des instructions est variable. Les processeurs 8086 et 8088 ont besoin en moyenne de 12 cycles pour exécuter une seule instruction, les 286 et 386 sont plus performants puisqu'ils n'ont besoin que d'environ 4,5 cycles par instruction. Avec le 486, le chiffre est encore plus faible puisqu'il est de l'ordre de 2 cycles par instruction. L'architecture du Pentium comprend un double pipeline d'instructions ainsi que d'autres améliorations qui permettent d'exécuter 1 à 2 instructions par cycle. Le Pentium 2 peut exécuter 3 instructions par cycles, voire davantage.

Compte tenu de ces différences de temps d'exécution, il est malvenu de comparer les performances de 2 processeurs sur la seule fréquence d'horloge. Certains types de processeurs sont plus efficaces que d'autres.

Par exemple un Pentium exécute 2 fois plus d'instructions en un même nombre de cycle qu'un 486. Ainsi un 486 cadencé à 133 MHZ tel que l'AMD 5x86-133 n'est pas plus rapide qu'un Pentium cadence à 75 MHZ.

Si l'on compare les performances relatives des différents types de processeurs, on peut constater qu'un Pentium 2 cadencé à 500 MHZ équivaut à un Pentium cadencé à 750 MHZ, qui équivaut à un 486 cadencé à 1400 MHZ, qui équivaut à un 386 ou à un 286 cadencé à 2800 MHZ, qui équivaut à un 8088 cadencé à 5800 MHZ. Sachant que celui-ci était cadencé à 4,77 MHZ, on peut dire que les ordinateurs actuels sont 1000 fois plus rapides que les premiers.

Pour comparer des processeurs entre eux, il faut aussi prendre en compte l'architecture physique du PC. Pour assurer une fiabilité dans les indices de mesure ? Intel a mis au point une série de test qui définissent l'indice de performances i-comp de chaque processeur. Les tests de performances portent sur l'efficacité du processeur pour les opérations sur les entiers et sur les opérations à virgule flottante, ainsi que pour les traitements multimédias.

Fréquence de processeur et fréquence de carte mère :

Il ne faut pas confondre fréquence de processeur et fréquence de carte mère : depuis le 486 DX2, tous les processeurs modernes fonctionnent à une fréquence qui est un multiple de celle de la carte mère. Ainsi un Pentium 2-333- fonctionne à 5 fois une fréquence de carte mère de 66 MHz, Un Pentium 2-450 fonctionne à 4.5 fois une fréquence de carte mère de 100 MHz.

Normalement, il est possible de modifier les paramètres de fréquence et de multiplicateur de la carte mère à l'aide de cavaliers ou de tous autres outils de configuration située sur la carte mère.

-B- Bus de données

Pour décrire un processeur, on peut faire référence à la largeur de son bus de données externe. Cette largeur permet de savoir combien de bits de données peuvent être déplacés à destination ou en provenance du processeur au cours d'un cycle. Un bus est tout simplement une série de connexions qui véhiculent des signaux courants. Imaginez 2 fils tendus d'un immeuble à un autre, faites y passer un courant alternatif de 220 V et placez quelques prises à des endroits bien choisis sur les fils : Vous avez un bus d'alimentation, quelle que soit la prise dans laquelle vous avez branché le bus, le signal auquel vous accédez est identique, dans ce cas précis, il s'agit d'un courant alternatif de 220 V. Tout moyen de transmission équipé de plus d'un connecteur à chaque extrémité peut être considéré comme un bus. Un ordinateur type possède en principe plusieurs bus internes et externes.

Le bus dont on parle le plus est le bus de données externe. Il s'agit de l'ensemble des fils ou broches utilisés pour envoyer et recevoir des données. Plus, il est possible d'envoyer de signaux simultanément, plus il est possible de transférer des données simultanément, et plus le bus est rapide. Un bus très large peut être comparé à une autoroute comportant un grand nombre de voies. Plus le bus est large, plus son débit est important.

Dans un ordinateur, les données sont envoyées sous forme d'informations numériques au sein d'un même intervalle de temps, l'ordinateur génère une tension de 5 V pour signaler un bit de données 1, et une tension de 0 V pour signaler un bit de données 0. Plus le nombre de fils est important, plus le nombre d'octets transférés en un intervalle de temps est important. Un 386 comporte 16 fils d'émission et de réception de données et possède un bus de données d'une largeur de 16 bits. Un processeur 32 bits comme le 486 dispose de deux fois plus de fils dédiés aux transferts simultanés qu'un processeur 16 bits. Il est donc capable d'envoyer deux fois plus d'informations qu'une puce 16 bits dans le même temps. Les Pentium possèdent un bus de données externe de 64 bits, ils

peuvent donc transférer 64 bits de données à la fois à destination et en provenance de la mémoire vive.

La largeur du bus de données conditionne la taille d'un banc de mémoire. Cela signifie qu'un processeur 32 bits lit et écrit 32 bits de données à la fois dans la mémoire. Les processeurs Pentium lisent et écrivent 64 bits de données à la fois dans la mémoire.

-C- Registres internes

La taille des registres interne est un bon indicateur de la quantité d'informations que celui-ci peut gérer en un temps donné et de la façon dont il déplace les données en interne.

Un registre est une cellule de stockage située à l'intérieur du processeur. Elle détermine la quantité de données que le processeur peut traiter. Elle décrit aussi les types de logiciels ou de commandes et d'instructions que le processeur peut exécuter.

-D- Bus d'adresses

C'est l'ensemble des fils qui transporte les informations d'adressage utilisées pour décrire la zone de mémoire dans laquelle les données sont envoyées ou de laquelle les données proviennent. A l'instar du bus de données, chaque fil transporte un seul bit d'information. Ce bit est un chiffre unique de l'adresse. Plus, il y'a de fils (chiffres) utilisées pour calculer ces adresses, plus le nombre de zones d'adresses est important. La taille ou largeur du bus d'adresses indique la quantité de RAM maximale que le processeur peut adresser.

Si le bus de données est représenté par l'autoroute et si sa taille correspond au nombre de voies, le bus d'adresses correspond au numéro de maison. Par exemple, si vous habitez une rue où il n'y a que des numéros à 2 chiffres, il ne peut y avoir que 100 adresses distinctes dans la rue (10 à la puissance 2). Si on ajoute un chiffre, le nombre d'adresse passera à 1000, soit 10 à la puissance 3.

Les ordinateurs utilisent un système d'adressage binaire – base 2-, Ainsi, un nombre à 2 chiffres offre 4 combinaisons (2 à la puissance 2), un nombre à 3 chiffres ne permet de coder que 8 adresses.

Les processeurs 8088 utilisent un bus d'adresse de 20 bits qui permet de coder à la puissance 20, 20 adresses, soit 1 048 576 octets – 1 Mo – d'adresses.

Un Pentium 2 a un bus d'adresse de 36 bits soit 64 Go d'adresses. Le Pentium a un bus de 32 bits soit 4 Go d'espace adressable.

-E- Mémoire cache interne – de niveau 1 –

C'est une zone de mémoire très rapide intégrée au processeur. Elle sert à stocker une partie du jeu de code et de données en cours d'utilisation. Aucun temps d'attente est nécessaire pour accéder à la mémoire cache car elle est parfaitement capable de suivre la fréquence du noyau du processeur.

L'utilisation de mémoire réduit un goulet d'étranglement très fréquent sur les ordinateurs car la RAM système est beaucoup plus lente que le processeur. Sur beaucoup de PC moderne, elle est la seule à pouvoir suivre le rythme du processeur. La RAM connectée à la carte mère ne peut dépasser la fréquence de celle ci, soit 66 MHZ, soit 100 MHZ ou encore 133 MHZ pour la DRAM.

Les Pentium 2 disposent de 32 ko de cache L1 composé de deux blocs distincts de 16 ko chacun. Le 486 en possède au plus 8 ko.

-F- Mémoire cache externe – de niveau 2 –

La plupart des PC, depuis le 486, comportent également une mémoire cache externe – L 2 – constitué de puces SRAM extrêmement rapide, avec des temps d'accès de 15 nanosecondes – 60 ns pour l'EDO – Son rôle est identique à celui de la mémoire cache interne. Elle contient des informations destinées au processeur.

Cette mémoire peut être soit intégrée à la carte mère – 486, Pentium – soit intégrée au processeur comme sur les Celerons et Pentium Pro, ou encore intégrée au boîtier du processeur comme pour le P2.

Le lieu où se trouve la mémoire cache de niveau 2 est important car elle influe sur sa vitesse de travail. Intégré au processeur, elle suit sa fréquence, sur son boîtier, elle divise sa fréquence par 2. Sur la carte mère, elle suit la fréquence de celle ci. N'oublions pas que les RAM FPM et EDO offrent une fréquence de 16 MHZ contre 100 pour la SDRAM.

-G- Les modes de processeurs

Les modes de processeurs font référence au mode de fonctionnement de l'ordinateur. Ils effectuent les instructions et les capacités du processeur. Le mode processeur détermine

la manière dont le processeur voit et gère la mémoire vive ainsi que les tâches qu'il doit exécuter.

On distingue le mode réel, le mode protégé, et le mode réel virtuel.

F LE MODE REEL

Le 1^{er} PC équipé du processeur 8088 exécutait des instructions 16 bits à l'aide de registres internes 16 bits. Son bus d'adressage de 20 bits ne pouvait adresser que 1 Mo de ligne mémoire – 2 à la puissance 20.

Tous les logiciels créés pour ce PC ont été conçus autour d'un jeu d'instructions 16 bits et du modèle de mémoire à 1 Mo. Cela est vrai pour les applications DOS, Windows 3x. Ces applications sont compatibles avec le jeu d'instruction de ce 1^{er} processeur. En réalité, les processeurs suivants comme le 486 ou le Pentium sont capables d'exécuter le même jeu d'instruction mais beaucoup plus rapidement.

Les processeurs du 8088 au 286 travaillent en mode réel car tous les logiciels sont contraints de se limiter à des instructions 16 bits et demeurent au sein de l'architecture de mémoire 20 bits – 1 Mo – pour laquelle ils ont été conçus.

Ces applications sont de types mono-tâches, c'est à dire que seul un programme peut s'exécuter à la fois. Un montage d'un programme peut vider la mémoire et créer un plantage système.

F LE MODE PROTEGE

Il est apparu avec le premier processeur 32 bits à savoir le 386. Il définit un mode multitâche qui permet de faire fonctionner plusieurs programmes à la fois grâce à une meilleure gestion de la mémoire.

Ce mode multitâche ne fonctionne qu'avec des applications 32 bits. Le premier OS 32 bits commercialisé avec succès fut Win95, sorti 10 ans après le premier processeur 32 bits.

Ces processeurs 32 bits peuvent aussi exécuter des applications 16 bits. Ils fonctionnent en ce cas comme un 8088 turbo, c'est à dire en mode réel. Ils utilisent des instructions 16 bits et accèdent seulement au premier méga de mémoire.

F LE MODE REEL VIRTUEL

C'est une émulation du mode réel à partir du mode protégé. Aussi, dans win95, on peut ouvrir une fenêtre DOS. Dans ce cas, le processeur fonctionne en mode réel virtuel. L'application ne pourra accéder qu'à 640 ko de mémoire car 384 ko de mémoire haute sont réservés aux fonctions système.

Cependant, contrairement au mode réel, d'autres applications peuvent aussi être lancés : soit en mode protégé soit en mode réel virtuel.

En réalité le processeur exécute des instructions 32 bits. Il intercepte les instructions 16 bits pour les réécrire à la volée en instruction 32 bits.

-H- Les fonctions intégrées au processeurs

F GESTION D'ENERGIE – SMM - System Management Mode – Mode de gestion du système –

Destinée aux processeurs pour portables, elle permet d'allonger la durée de vie des batteries en économisant de l'énergie. Introduit à partir du 486 SX.

Elle permet à l'utilisateur de spécifier les intervalles de temps au terme desquels le processeur doit cesser partiellement ou complètement d'être alimenté.

F EXECUTION SUPERSCALAIRE

A partir du Pentium. Le processeur contient plusieurs pipeline interne d'exécution d'instruction, ce qui leur permet d'exécuter plusieurs instructions simultanément. La technologie super scalaire désigne cette capacité à exécuter plusieurs instructions simultanément.

Cette architecture est généralement associée à celle des processeurs RISC – Reduced Instruction Set Computer – Le Pentium a été l'un des premiers processeurs CISC – Complex instruction set Computer – doté de la technologie super scalaire

F TECHNOLOGIE MMX

Elle désigne un moyen d'améliorer la compression et la décompression vidéo, la manipulation des images, le cryptage et le traitement des entrées – sorties. Cette technologie est liée à 2 améliorations architecturales. La première a consisté à augmenter la taille de la mémoire cache interne L1.

La seconde est liée à l'implémentation d'un jeu d'instructions composé de 57 commandes supplémentaires ainsi qu'une nouvelle fonctionnalité appelée SIMD – Single Instruction Multiple Data –

F EXECUTION DYNAMIQUE

C'est une combinaison de trois technologies qui permet au processeur de gérer plus efficacement les flux de données. Ces techniques sont la prédiction multibranche, l'analyse de flux de données ainsi que l'exécution spéculative.

La manière dont sont écrits les programmes peut avoir une incidence sur les performances.

La prédiction multibranche permet de prédire le flux d'un programme par l'intermédiaire de plusieurs branches. Le processeur peut anticiper les sauts ou les embranchements au sein d'un flux d'instructions. Il utilise un algorithme pour prédire les endroits où les instructions suivantes peuvent être trouvées en mémoire.

L'analyse de flux de données : le processeur analyse et planifie les instructions à exécuter suivant une séquence optimale, indépendamment de l'ordre du programme original.

L'exécution spéculative anticipe sur le compteur du programme en exécutant les instructions susceptibles d'être nécessaires plus tard : comme les instructions logicielles en cours de traitement sont basées sur des branches prédites, les résultats sont stockés dans une réserve pour un usage ultérieur. Cette technique permet au processeur d'exécuter des instructions à l'avance puis d'utiliser les résultats déjà calculés au moment où il en a besoin.

F ARCHITECTURE A DEUX BUS INDEPENDANTS

Elle permet d'améliorer la largeur de bande et les performances du bus processeur. Cette architecture est composée de deux bus : le bus mémoire cache de niveau 2 et le bus qui relie le processeur à la mémoire principale également appelé bus système. Le bus de mémoire L2 peut être incorporée au processeur ce qui améliore encore les performances de celui-ci. Les deux bus fonctionnent de façon indépendante.

F FABRICATION D'UN PROCESSEUR

Voir doc Internet

F CONDITIONNEMENT PHYSIQUE

-PGA- Associé jusqu'au Pentium Pro. C'est une matrice de broche en forme de grille, destinée à être insérée dans un support de processeur à architecture ZIF – Zéro Insertion Force – Le support ZIF possède un levier qui permet d'installer et d'ôter le processeur sans avoir à forcer.

Les Pentium utilisent le SPGA, variante du support PGA. Les broches sont alignées en quinconce au lieu de l'être en ligne droite.

Pour le Pentium 2, le support est cartouche SEC – Single Edgecontact Cartridge – Cartouche à contact sur un seul bord – Le processeur et les différentes puces de mémoire L2 sont montés sur une petite carte de circuit imprimé scellé dans une

cartouche en métal et en plastique. La cartouche s'insère dans la carte mère à l'aide d'un connecteur d'arête femelle appelé slot 1.

Le support socket 1,2,3 et 6 sont destinés à des processeurs de type 486. Les supports 4, 5, 7 et 8 sont destinés au Pentium et Pentium pro.

F TENSIONS DE FONCTIONNEMENT DES PROCESSEURS

Elles sont variables selon les processeurs. Cette tension est réglable sur la carte mère à l'aide de connecteurs. Elle a tendance à diminuer. Un Pentium 133 était alimenté par une fréquence de 3.3 Volts alors que le P2-350 a besoin de 2.8 volts pour fonctionner. Les Pentium mobiles peuvent descendre à 1.8 volts.

F PROBLEMES DE CHALEUR ET DE REFROIDISSEMENT

Plus un processeur est rapide et plus il génère de la chaleur. Celle ci doit être dissipée par l'ajout d'un ventilateur dédié au processeur : soit un dissipateur thermique – ventilateur à aileron qui utilisera un connecteur d'alimentation soit du disque dur soit de la carte mère.

Il existe aussi des dissipateurs thermiques passifs, très fiables car ils ne comportent pas de parties mécaniques. Ils se présentent sous la forme de radiateurs en lamelles d'aluminium. Ce ventilateur est particulièrement adapté au format ATX dont le ventilateur d'alimentation est conçu pour jeter directement de l'air sur le processeur.

F COPROCESSEUR ARITHMETIQUE

Le coprocesseur arithmétique assure un support matériel pour les opérations à virgule flottante qui exigeraient, sans sa présence un travail trop important du processeur principal. Jusqu'au 486DX, ce processeur se présentait sous la forme d'une puce distincte, depuis il est intégré directement au processeur principal.

Il est capable d'effectuer des opérations mathématiques d'une grande complexité 10 à 100 fois plus rapidement que le processeur principal. Ces opérations sont réalisées à l'aide de nombres non entiers.

Le processeur principal travaille-lui avec des nombres entiers. Pour que le coprocesseur arithmétique travaille, il faut que les programmes le détectent et exécutent des instructions écrites pour lui. C'est effectif pour la plupart des programmes.

F NOM DE CODE DES PROCESSEURS INTEL

P4 = 486

P5 = Pentium 60, 66, 75, 90, 100, 120, 133, 166, 200, 233, 166 MMX, 200MMX, 233MMX et 266MMX.

P6 = Pentium Pro et Pentium 2

F LES AUTRES CONSTRUCTEURS COMPATIBLES INTEL

AMD, CYRIX ET IDT WINCHIP

PARTIE 2 : LES TYPES DE PROCESSEURS

-1- Processeurs P1 de première génération : le 8086 et 8088.

Naissance en juin 1978, lancé par INTEL. C'est l'un des premiers processeurs 16 bits du marché. Il a des registres internes de 16 bits et donc il peut faire tourner des applications 16 bits. Il possède un chemin de données externe de 16 bits, ce qui signifie qu'il peut transférer 16 bits de données à la fois en provenance ou à destination de la mémoire.

Le bus d'adresses a une largeur de 20 bits, ce qui signifie que le processeur pouvait adresser 1Mo de mémoire – 2 puissance 20 –

Le 8086 est un processeur exclusivement 16 bits. Le 8088 est compatible avec les applications 8 bits car le bus de données est de 8 bits. Cependant il conserve ses autres caractéristiques 16 bits – bus d'adresse mémoire et le registre interne en 16 bits –

C'est un processeur cadencé à 4,77 MHz. Une instruction était en moyenne exécuté en 12 cycles d'horloge.

-2- Processeur P2 de deuxième génération : le 286.

Apparu en 1981, il équipait le PC originel d'IBM – l'IBM PC AT -. Il peut effectuer une instruction en 4.5 cycle d'horloge. Il possède un bus de données d'une largeur de 16 bits. Il peut fonctionner en mode réel et en mode protégé. Cependant, il ne peut pas passer du mode protégé au mode réel sans réamorçage de la machine. Il fonctionne avec un coprocesseur arithmétique : le 8087.

-3- Processeur P3 de troisième génération : le 386.

C'est le premier processeur 32 bits. Il permet de travailler avec un OS multitâche. Née en 1985, il fera son apparition sur des PC en 1987. Il permet de faire tourner des applications DOS et Windows 3x.

Il réalise une instruction en 4.5 cycles d'horloge et peut fonctionner en mode réel, en mode protégé et en mode réel virtuel.

Il fonctionne avec un coprocesseur arithmétique : le 80387.

F Le 386 DX :

Registres internes	32 bits
Bus de données internes	32 bits
Bus de données externes	32 bits
Fréquence d'horloge	16 à 33 MHz
Adressage mémoire	4 Go - 2^{32}

F Le 386 SX : 386 bas de gamme.

Registres internes	32 bits
Bus de données internes	32 bits
Bus de données externes	16 bits
Fréquence d'horloge	16 à 33 MHz
Adressage mémoire	2^{24}

F Le 386 SL : le processeur des portables

-4- Processeur P4 de quatrième génération : le 486.

C'est la puissance de ce processeur qui a permis le développement des environnements multitâches sous interfaces graphiques.

Temps d'exécution réduit : les instructions sont exécutées en seulement 2 cycles d'horloge.

Implémentation d'un contrôleur de mémoire cache.

Implémentation de mémoire cache interne de niveau 1.

Cycle de mémoire en mode rafale – burst mode – Un transfert de mémoire standard 32 bits soit 4 octets nécessite deux cycles d'horloge. Après un transfert 32 bits standard jusqu'à 12 octets (ou 3 transferts) peuvent être transférés en un seul cycle pour chaque transfert de 32 bits. Ainsi, il est possible de transférer jusqu'à 16 octets de données en mémoire, en séquence ou en série, en seulement 5 cycles au lieu de 8 voire plus.

Sur les premiers 486, le coprocesseur arithmétique était séparé du processeur principal. Par la suite, il deviendra synchrone car intégré au processeur principal.

F Le 486 DX :

Naissance	10 Avril 89
Premier PC équipé	1990
Fréquence	25, 33, 50 et 66 MHZ
Support	Format PGA 168 broches
Voltage	5v, 3.3v pour les portables
Nb transistor	1.2 millions
Registres internes	32 bits
Bus de données externes	32 bits
Bus de données internes	32 bits
Mémoire cache L1	8 ko
Mode de fonctionnement	Réel – protégé – réel virtuel -
Adressage mémoire	4 Go - 2^{32} -

F Le 486 SL :

Processeur 486 pour les portables. Développement du mode SMM qui permet de fournir des ressources matérielles pour contrôler et désactiver les composants d'un ordinateur – mise en veille, option suspendre reprendre –

F Le 486 SX :

Version bas de gamme du 486. Il ne contient pas de coprocesseur arithmétique.

-5- Les processeurs P5 de cinquième génération : le 586.

Ils sont apparus le 22 mars 1993, les premiers PC équipés de cette famille de processeurs sortiront quelques mois plus tard.

Ils se distinguent par l'implémentation de la technologie super scalaire ce qui permet d'exécuter 2 instructions par cycle d'horloge.

Naissance	22/03/93 – 7/03/94 pour la 2 nd génération
Premier PC équipé	Rentrée 93
Fréquence en MHz	60,66 pour la 1 ^{ère} génération et 75, 90, 100, 120, 133, 150, 166 et 200 pour la 2 nd génération
Multiplicateur d'horloge	1, 1.5, 2, 2.5 et 3
Support	Format PGA, 273 broches et SPGA, 296 broches
Voltage	5v, 3.465v, 3.3v, 3.1v et 2.9v
Nb transistor	3.1 millions
Registres internes	32 bits
Bus de données externes	64 bits
Bus de données internes	32 bits
Mémoire cache L1	8 ko
Mode de fonctionnement	Réel, protégé et réel virtuel
Adressage mémoire	4 Go
Transfert de mémoire en mode rafale burst	Oui
Taille du circuit	0.8 micron (60 et 66 MHz), 0.6 micron (75 à 100 MHz), et 0.35 micron (120 et +)
Coprocasseur mathématique	Intégré
Gestion d'énergie	SMM

F Les caractéristiques :

- Ä Technologie super scalaire, 2 pipelines de données.
- Ä Prédiction de branches
- Ä Bus de données externes de 64 bits
- Ä Mémoire cache L1 divisée en 2 blocs indépendants
- Ä Mémoire cache L2 de 512 ko
- Ä Fréquence de carte mère fluctuant entre 50 MHz, 60 et 66 MHz

F LES PROCESSEURS PENTIUM MMX

Ce sont des processeurs Pentium améliorés :

- Ä Augmentation de la taille du cache L1 : 2*16 ko
- Ä Implémentation d'un jeu d'instruction supplémentaire – SIMD – qui améliore les calculs en virgule flottante.

-6- Les processeurs P6 de sixième génération : Pentium Pro et Pentium 2

F LES AMELIORATIONS :

- Ä L'exécution dynamique qui repose sur la prédiction multibranche, l'analyse de flux de données et l'exécution spéculative.
- Ä 2 bus de données : l'un pour la carte mère, l'autre pour la mémoire cache. Ce bus permet à la mémoire cache de fonctionner aussi vite que le processeur, dans le cas où elle est intégrée au processeur.

F LE PENTIUM PRO

Naissance	Septembre 1995
Premier PC équipé	Octobre 1995
Fréquence en MHZ	150, 166, 180 et 200 MHZ
Multiplicateur d'horloge	2,5 et 3
Fréquence de la carte mère	60 et 66 MHZ
Voltage	3.1 ou 3.3v
Registres internes	32 bits
Bus de données externes	64 bits
Bus d'adresses mémoires	36 bits
Adressage mémoire	64 Go – 2 ³⁶ -
Mémoire virtuelle	64 Go
Mémoire cache L1	2 * 8 ko
Bus de mémoire cache de niveau 2 intégré	64 bits, fréquence du noyau du processeur
Mémoire cache L2	256 ko, 512 ko ou 1 Mo
Type de support	Socket 8

Support	DCPGA à 387 broches
Coprocasseur mathématique	FPV intégré
Gestion d'énergie	SMM
Nb transistors	5.5 millions

F LES PENTIUM 2 : les nouveautés

- Ä Nouveau format de cartouche : le format SEC – Single Edgecontact Cartbridge –
- Ä La mémoire cache de niveau 2 est située sur une petite carte de circuit imprimé située sur la cartouche.
- Ä Carte mère slot 1

Fréquence en MHZ	233, 266, 300, 333, 350, 400 et 450 MHZ
Multiplicateur d'horloge	3.5, 4, 4.5 et 5
Fréquence de la carte mère	66 et 100 MHZ
Voltage	2.8v
Registres internes	32 bits
Bus de données externes	Bus système 64 bits avec ECC
Bus d'adresses mémoires	36 bits
Adressage mémoire	64 Go
Mémoire virtuelle	64 To
Mémoire cache L1	2 * 16 ko
Mémoire cache L2	512 ko
Type de support	SEC
Support	Slot 1
Coprocasseur mathématique	FPV intégré
Gestion d'énergie	SMM
Nb transistors	7.5 millions