

1 L'unité centrale

DE L'INFORMATIQUE À L'ORDINATEUR

L'informatique est le traitement automatique de l'information. Une définition plus récente précise que cette opération s'effectue à l'aide d'un système électronique numérique. On désigne généralement ce dernier sous le nom d'ordinateur.

Origine

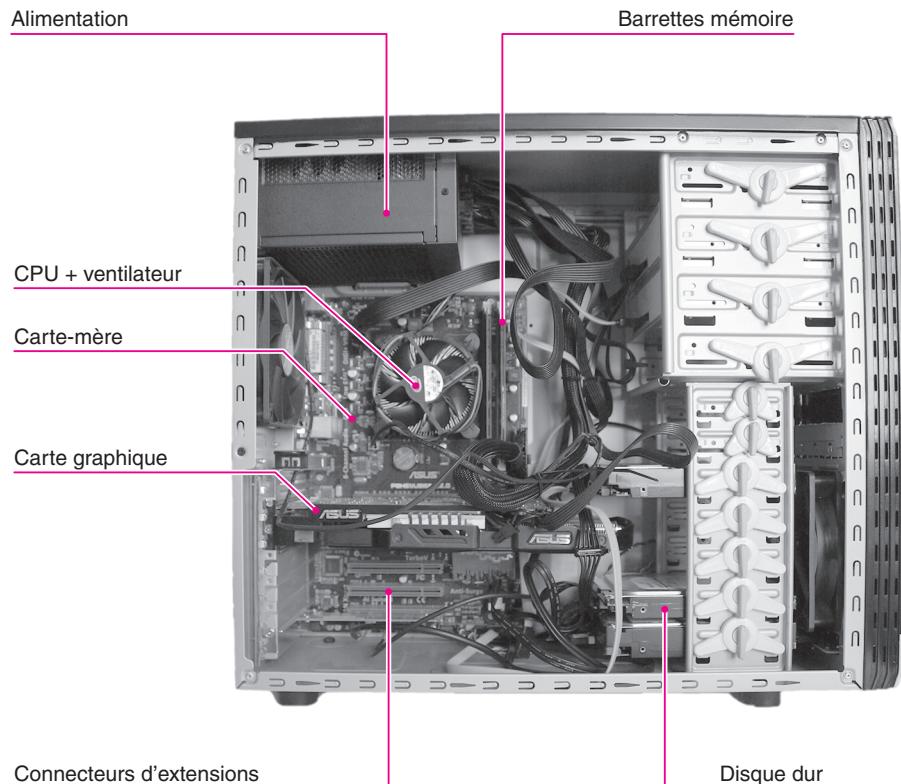
À l'origine l'ordinateur fait référence au grand Ordinateur, c'est-à-dire celui qui ordonne, qui donne de l'ordre.

On peut raisonnablement considérer l'informatique comme étant un sous-ensemble de l'électronique numérique : l'aspect matériel fait référence aux nombreux composants tandis que la partie logicielle représente les programmes matérialisés au final par des séquences d'instructions binaires.

B

1•1 Éléments essentiels

Principaux composants



L'unité centrale est constituée de différents éléments reliés à la carte-mère et au bloc d'alimentation. Sensibles aux décharges électrostatiques, les composants électroniques ne doivent pas être manipulés sans une protection efficace par une mise à la terre de l'équipement et l'utilisation d'un bracelet antistatique.

La dissipation thermique s'effectue à l'aide de radiateurs et de ventilateurs. La puissance à fournir par l'alimentation est intimement liée aux besoins en calculs effectués par le microprocesseur (CPU) ou le processeur graphique (GPU).

Le traitement de l'information

L'unité centrale

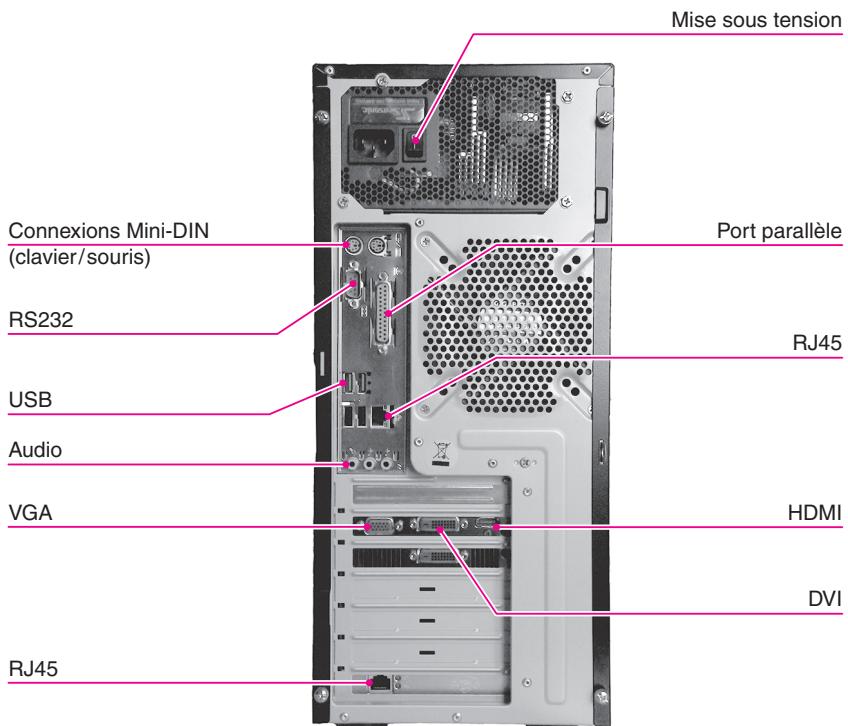
Principaux composants

L'identification de la connectique donne un aperçu des possibilités d'extension de l'unité centrale. Les prises mini-DIN dédiées à l'interfaçage d'un clavier et d'une souris sont généralement interchangeables : les signaux électriques sont compatibles, seules les données qu'ils transportent diffèrent. On peut aussi les remplacer par leurs homologues en USB.

Les prises jack servent à l'audio (entrée microphone, sortie amplificateur). La couleur de la connectique ainsi que la sérigraphie facilitent leur repérage. En ce qui concerne les prises USB, toutes les prises n'adoptent pas forcément la même vitesse : on réservera l'USB 3.0 aux unités de stockage externe tandis que les systèmes de pointage se satisferont de l'USB 2.0.

La connectique vidéo de type VGA côtoie de plus en plus celle en HDMI ainsi que les prises DVI.

La présence de connecteurs RJ45 dénote des fonctionnalités réseau. Même si un connecteur RJ45 est déjà intégré sur la carte-mère, l'ajout d'une carte réseau de base peut faciliter grandement la mise en place et l'utilisation d'un système d'exploitation Linux ; dans certaines circonstances c'est d'ailleurs le seul moyen pour parvenir à une solution filaire fonctionnelle.



Si le port parallèle semble perdre de sa notoriété face à l'engouement des périphériques USB, il en est malheureusement de même pour l'interface série RS232. Lorsqu'elle n'est pas intégrée à la carte-mère, la solution consiste à acquérir une carte d'extension RS232. Les adaptateurs USB/RS232 n'assurent pas toujours correctement leur rôle : on évitera cette solution. Signalons que la RS232 est une liaison point à point la rendant ainsi plus fiable et plus facile à mettre en place que les dispositifs multipoints ou en réseau. De nombreux constructeurs la proposent pour la réinitialisation ou la mise à jour de leurs produits professionnels.

1•1•1 La carte-mère

L'encombrement d'une carte-mère est désigné par son facteur d'encombrement (en anglais, *form factor*). Pour un boîtier standard on adoptera le plus souvent le format ATX. La disposition des composants et le système de refroidissement sont intimement liés au format de la carte-mère.

Pour les systèmes sur batteries ainsi que dans l'électronique embarquée et les appareils portatifs, les cartes-mères au format ITX sont particulièrement bien adaptées. En plus de leurs dimensions réduites, elles présentent d'autres caractéristiques intéressantes comme par exemple leur très faible consommation et leur système de refroidissement le plus souvent entièrement passif.

Formats

	Facteur d'encombrement	Dimensions (mm)
ATX	305 × 244	
μATX	244 × 244	
BTX	325 × 267	
ITX	170 × 170	
Mini ITX		
Nano ITX	120 × 120	

Dans les domaines industriel, militaire et celui des transports (avionique, transports maritimes et terrestres), les cartes au format PC104 (90,17 × 95,89 mm) offrent une robustesse accrue face aux chocs et aux vibrations.

Les composants de la carte-mère sont soudés sur le circuit imprimé (cf. *La pratique de l'électronique sur systèmes numériques – tome 1* ; V. Breton ; Casteilla)

B**1•1•2 Éléments essentiels****Connecteurs**

Le bloc d'alimentation permet d'alimenter aussi bien la carte-mère que les périphériques. Le connecteur principal d'alimentation (connecteur ATX de 20 à 24 broches) est dédié à la carte-mère. Un détrompeur empêche son insertion dans le mauvais sens.

Tensions fournies par le connecteur d'alimentation ATX :

+3,3 V ; +5 V ; +12,1 V ; -12 V

Les tensions +3,3 V et +5 V servent à alimenter les circuits logiques.

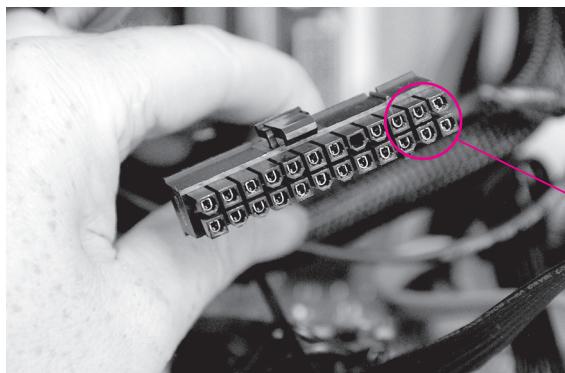
La tension -12 V est employée pour les convertisseurs analogique/numérique et numérique/analogique.

Le +12 V est principalement employé pour l'alimentation des moteurs (ventilateurs, entraînement des plateaux des disques durs...).

L'unité centrale

Connecteurs

Connecteur d'alimentation ATX

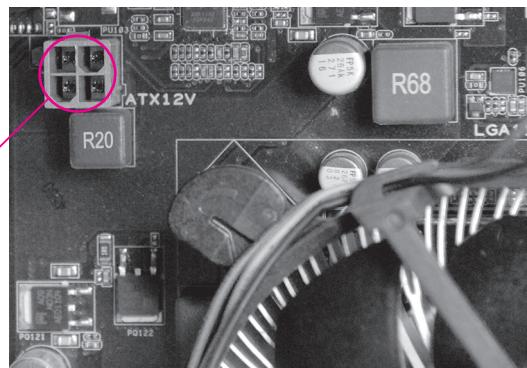


Broches supplémentaires

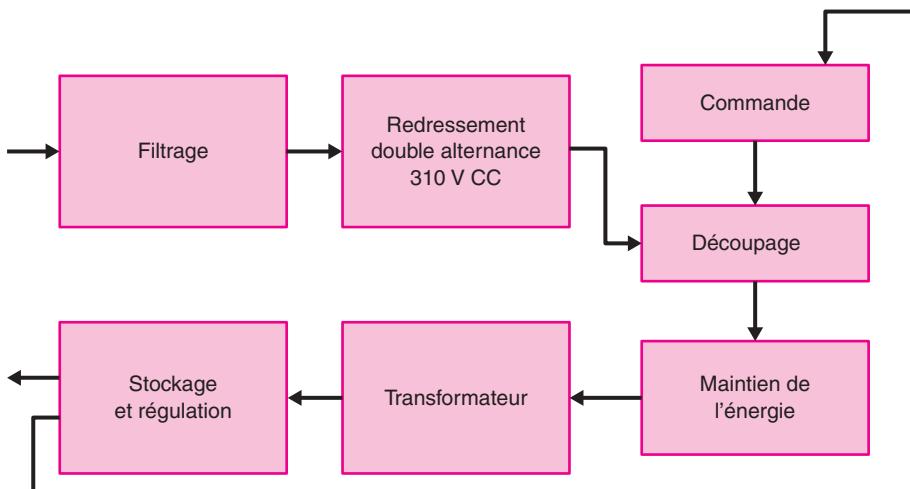
Un connecteur d'alimentation ATX de seulement quatre broches est souvent présent à côté du microprocesseur. Cela entraîne une réduction de la longueur des pistes traversées par des courants importants et diminue de ce fait le rayonnement électromagnétique à l'origine des perturbations sur les appareils.

Alimentation ATX du microprocesseur

Connecteur d'alimentation avec détrompeur



Alimentation à découpage



Principe de fonctionnement d'une alimentation à découpage

L'unité centrale

La tension secteur une fois filtrée est reliée à un pont de Graetz chargé d'effectuer un redressement double alternance. A la sortie du pont, des condensateurs transforment la tension alternative redressée en une tension continue d'environ 310 V.

Les alimentations à découpage présentent des tensions mortelles.

Alimentation à découpage

Le bloc découpage consiste à hacher le signal continu de manière à obtenir une valeur moyenne plus faible sans perte d'énergie. La mesure de tension de la sortie est comparée avec une tension de référence délivrée par une diode zener ; le bloc commande agit sur la largeur d'impulsion (commande PWM). Le maintien de l'énergie s'effectue à l'aide d'un circuit inductif. Le transformateur abaisse la tension en limitant les pertes. Des condensateurs viennent stabiliser la tension ; les variations de tension en sortie sont compensées par la commande située à l'entrée du bloc découpage.

PWM : Pulse Width Modulation ; modulation de la largeur d'impulsion.

1•1•3 Bus d'extension

Un bus est un regroupement de fils appartenant à une même catégorie de signaux.

Les bus d'extensions présents sur la carte-mère visent à l'interfacer avec des cartes assurant des tâches précises (carte son, carte d'acquisition, carte graphique...)

À l'origine, le bus ISA permettait à tout électronicien qui se respecte de développer ses propres cartes. Sa version 32 bits appelée bus EISA offrait des possibilités similaires. À présent ce sont les bus PCI et PCI Express qui les remplacent. Le bus AGP spécifique aux cartes vidéo n'est plus employé.

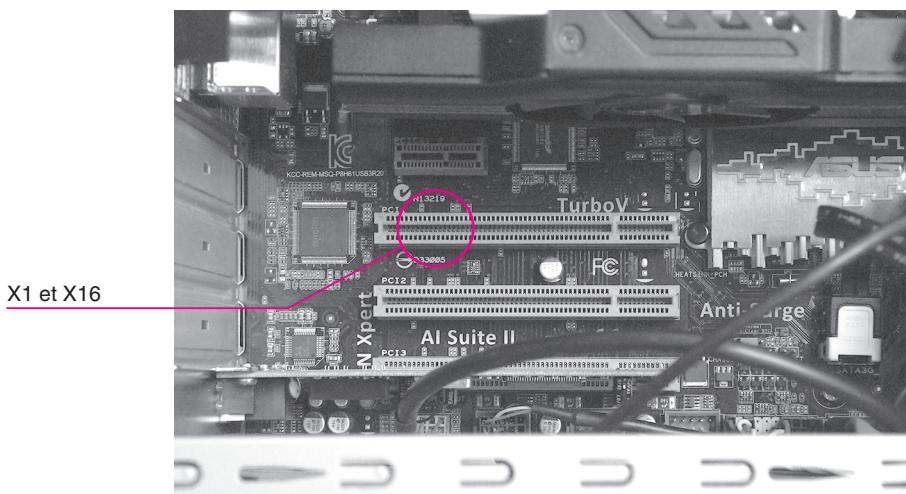
PCI : Peripheral Component Interconnect ; interconnexion de composants périphériques.

La taille physique du connecteur est intimement liée à la vitesse de transfert des données.

Type de connecteur	Nombre de broches
PCI Express X 1	36
PCI Express X 4	64
PCI Express X 8	96
PCI Express X 16	164

Interfaces

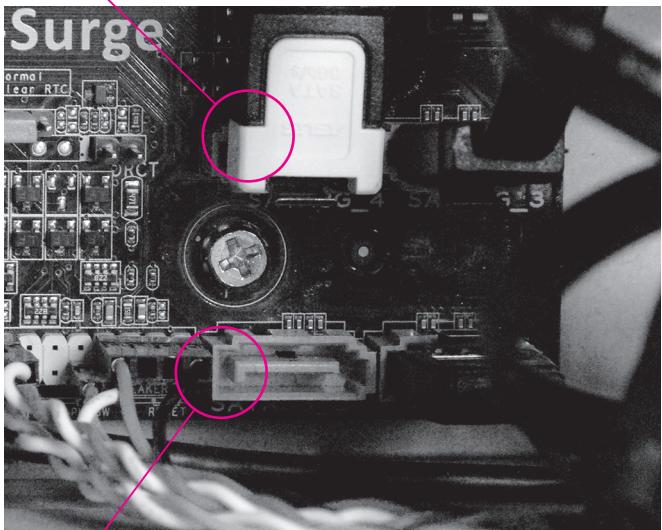
Connecteur d'alimentation ATX



Interfaces

Les données à destination des disques sont sérialisées au lieu d'être envoyées en parallèle. L'ancien bus ATA (pour *Advanced Technology Attachment*) plus connu sous le nom de bus IDE se voit à présent remplacé par son homologue **SATA** (Serial ATA).

Connecteur SATA peuplé



Connecteur SATA libre

Sur les périphériques SATA, le connecteur le plus large sert à l'alimentation. Des tensions de 3,3 V, de 5,1 V et de 12,1 V sont présentes.

Le plus petit des connecteurs transporte les données en mode différentiel : deux broches sont dédiées à la transmission et deux autres sont réservées pour la réception, les trois autres broches servant de masse.

Les spécifications SATA sont définies par un groupe de travail intégré à l'organisme international SATA-IO. L'accès aux périphériques SATA s'effectue à l'aide d'un contrôleur hôte d'interface avancé (AHCI pour Advanced Host Controller Interface) relié au bus PCI.

Contrairement à l'USB, l'interface SATA s'appuie sur une liaison point à point. Elle autorise le branchement à chaud des périphériques et permet un débit théorique de 6 Gbit/s avec le SATA III ; en pratique on atteint 600 Mo/s.

Lors des opérations de maintenance, il est envisageable de relier un périphérique IDE à une interface SATA via un adaptateur prévu à cet effet. Le transfert de fichiers de travail sur un nouveau système peut ainsi être effectué facilement.

La technologie SAS s'appuie sur le principe du SATA adapté au SCSI. Le SATA est compatible avec les contrôleurs SAS. Lorsque les distances de connexion sont importantes (de 1 à 8 m), le SAS remplace avantageusement le SATA. Dans certaines situations on peut aussi se tourner vers l'utilisation de l'eSATA dédié aux périphériques externes.

L'unité centrale

DE PRÉCIEUSES SECONDES

Mise sous tension

Pour un poste bureautique, plusieurs dizaines de secondes peuvent s'écouler entre la mise sous tension de l'ordinateur et l'affichage à l'écran du bureau du système d'exploitation sans que cela engende pour autant une gêne. Dans les systèmes embarqués, la moindre milliseconde a son importance : un redémarrage du circuit électronique présent sur un véhicule en mouvement doit s'effectuer dans les meilleurs délais sous peine de conséquences catastrophiques. Pour ne pas frustrer des acheteurs en ligne susceptibles de changer de site, tout redémarrage de serveur doit s'effectuer en un minimum de temps.

1•2 Démarrage de l'ordinateur

COMPARAISON DES TECHNOLOGIES

Mécanique vs électronique

À la mise sous tension, les différents composants reçoivent de l'énergie. En fonction de leur technologie, ils démarrent plus ou moins rapidement :

- Technologie mécanique ou électromécanique : lent
- Technologie électronique : rapide.

Les ventilateurs mais aussi les systèmes d'entraînement des plateaux des disques durs ou des DVD mettent en œuvre des pièces en mouvement. Le passage à un système purement électronique se traduit par une amélioration de la vitesse dans un rapport de 1 à 1000.

Le programme de lancement, plus connu sous le nom de BIOS (*Basic Input Output System*) occupe quelques dizaines de Ko à quelques Mo stockés dans une mémoire Flash. Sa programmation occasionnelle s'effectue uniquement lors de sa mise à jour, c'est pour cela qu'elle appartient à la famille des ROM (*Read Only Memory* ou mémoire à lecture seule).

1•2•1 Test du matériel

Boot

Le BIOS intègre le POST (*Power On Self-test*), un ensemble de tests automatiques des circuits périphériques. C'est lui qui indique par exemple l'absence de clavier ou qui signale un défaut avec la mémoire vive. Ces tests rudimentaires suffisent à déceler les problèmes de démarrage.

Le « Setup » est un programme de paramétrage de la carte-mère situé dans le BIOS. Son activation s'effectue en pressant une ou plusieurs touches spécifiques lors du démarrage de l'ordinateur. C'est à ce niveau que l'on choisit par exemple le périphérique de boot (carte réseau, lecteur DVD, disque dur...). On peut obtenir aussi des informations comme par exemple la vitesse de rotation des ventilateurs ou la température du microprocesseur.

Le BIOS contient un grand nombre de programmes chargés d'effectuer l'interfaçage entre le système d'exploitation et le matériel accessibles à l'aide d'interruptions.

Pour compenser la durée d'initialisation de certains équipements, comme par exemple les tablettes, on fait le plus souvent une mise en veille : le passage de la mise en veille à une utilisation normale s'effectue alors presque instantanément.

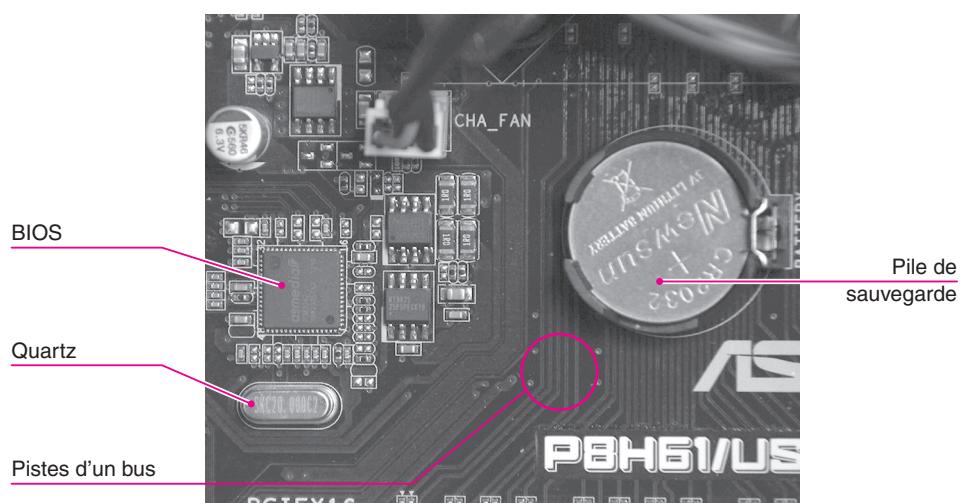
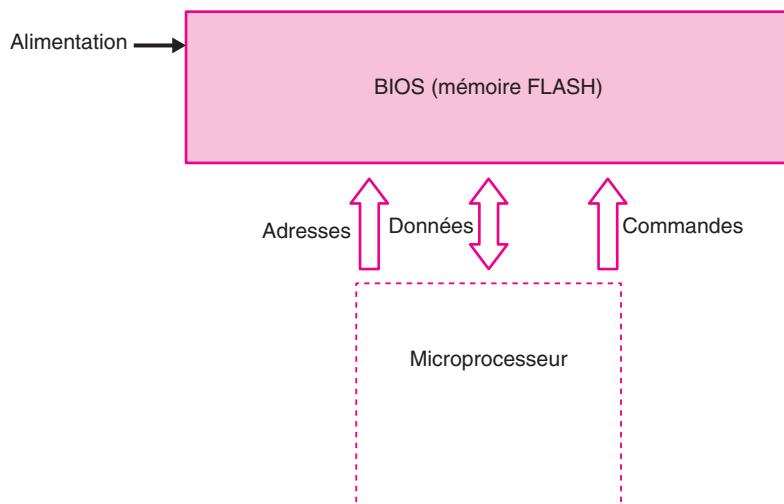
Certaines options de configuration sont à manier avec prudence au risque d'un dysfonctionnement temporaire (mémoire) ou permanent (CPU). Lors de conflits entre périphériques, leur désactivation temporaire puis le changement d'adresses et d'IRQ dans le BIOS permet de faire la part des choses.

1•2•2 Accès matériel au BIOS

Le BIOS est constitué d'un circuit intégré dont les broches peuvent être réparties en quatre groupes :

- le bus d'adresses ;
- le bus de données ;
- le bus de commandes ;
- l'alimentation.

Le microprocesseur présente sur son bus d'adresses, l'adresse de la case mémoire à laquelle il souhaite accéder. Sur son bus de commande il envoie une impulsion de lecture. Quelques centaines de nanosecondes après, le BIOS retourne sur son bus de données, la valeur stockée à cette adresse. Le microprocesseur peut alors traiter cette information.



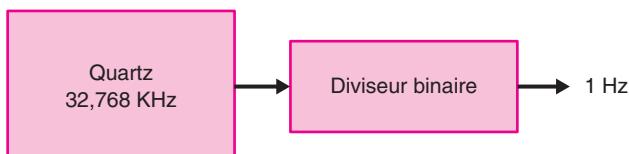
L'unité centrale

Le BIOS stocke ses paramètres dans une RAM statique dont le contenu est préservé par une pile bouton ou un petit accumulateur. Le circuit d'horloge permettant d'obtenir la date et l'heure enregistre ses valeurs dans la RAM statique du BIOS.

Même si la miniaturisation des composants permet d'intégrer dans un même boîtier plusieurs circuits électroniques, pour des raisons de stabilité et de précision le quartz du circuit d'horloge est externe.

Le Quartz utilisé pour l'horloge délivre une fréquence de 32,768 kHz.

Horloge



Un diviseur binaire constitué de bascules en cascade à 15 étages permet une division de 2^{15} , soit une division par 32 768 permettant ainsi de délivrer une impulsion par seconde.

SIGNAL D'INTERRUPTION

Interruptions

Les ordinateurs de type PC possèdent 16 lignes d'interruption matérielle. Un périphérique envoie un signal électrique d'interruption à un chipset chargé de gérer les priorités. Le microprocesseur reçoit alors la demande de gestion d'interruption : il finit l'instruction en cours, interrompt le programme se déroulant actuellement, exécute le programme d'interruption puis reprend la suite du programme précédemment mis en attente.

1•2•3 Accès au BIOS par logiciel

INT

L'accès aux programmes du BIOS s'effectue par le déclenchement d'interruptions logicielles. Une interruption logicielle fonctionne de manière analogue à une interruption matérielle, toutefois son mode de déclenchement diffère. C'est le mnémonique (instruction en assembleur) INT suivi du numéro d'interruption souhaité qui effectue cette opération.

1•2•4 L'UEFI

Successeur du BIOS

UEFI, pour *Unified Extensible Firmware Interface*, correspond à une interface micrologicielle extensible unifiée. En d'autres termes, l'UEFI vise à remplacer le BIOS en proposant une interface entre le système d'exploitation et le logiciel intégré aux périphériques.

Contrairement au BIOS, l'UEFI est développé en langage C ce qui lui permet une évolution plus rapide. Il offre la possibilité de gérer des disques durs de plus de 2,2 To. Depuis la version 2.3.1, il permet de lancer que des systèmes d'exploitation reconnus. Ce dernier point mérite quelques précisions : l'adoption de cette protection n'offre pas la possibilité de modification du code source. De ce fait, certaines distributions Linux s'opposent à juste titre à son adoption.

Pour les plateformes à cœur ARM, Microsoft a rendu le boot sécurisé de l'UEFI obligatoire empêchant ainsi une cohabitation possible avec un système Linux libre par définition. On peut reprocher aussi à l'UEFI sa complexité face au BIOS.

1•2•5 Paramètres du BIOS

Le BIOS utilise une zone de 256 octets située entre les adresses 400h et 4FFh de la RAM. Le tableau ci-dessous décrit quelques-uns des principaux paramètres associés :

Adresse	Contenu
400h	Adresse port série 1
402h	Adresse port série 2
404h	Adresse port série 3
406h	Adresse port série 4
408h	Port parallèle 1
40Ah	Port parallèle 2
40Ch	Port parallèle 3
410h	Informations sur le matériel
417h – 41Eh	Informations relatives au clavier
480h – 482h	Informations relatives au clavier
496h – 497h	Informations relatives au clavier
49Ch – 49Fh	Horloge temps réel

Les informations suivantes détaillent le contenu des adresses 417h à 418h :

Bit	Description
0	Touche droite «shift » appuyée
1	Touche gauche «shift » appuyée
2	Autre touche « Ctrl » appuyée
3	Touche gauche « Alt » appuyée
4	Défilement page activée
5	Touche « Verrouillage numérique » activée
6	Touche « Majuscules » activée
7	Touche « Insertion » activée
8	Touche gauche « Ctrl » appuyée
9	Touche gauche « Alt » appuyée
10	Touche droite « Ctrl » appuyée
11	Touche droite « Alt » appuyée
12	Touche défilement page appuyée
13	Touche « verrouillage numérique » appuyée
14	Touche « Majuscules » appuyée
15	Touche « Système » appuyée

Les périphériques accèdent aux programmes du BIOS à l'aide d'interruptions. Les paramètres du bios sont alors mis à jour. Par exemple lorsqu'une touche est appuyée, une interruption matérielle est déclenchée. Cela entraîne l'appel de l'interruption logicielle 09h chargée de traiter les données issues du clavier : en fonction de la touche appuyée, le contenu des adresses 417h et 418h peut alors recevoir une modification.

L'accès aux paramètres du BIOS stockés dans la RAM statique sauvegardée par batterie diffère de celui de l'accès à la mémoire RAM générale. Contrairement aux barrettes RAM, la RAM statique sauvegardée par batterie est câblée de manière à être accessible uniquement comme un périphérique. Cela signifie que seules les instructions d'accès aux périphériques permettent une lecture ou une écriture dans cette zone.

1•3 Le microprocesseur

Définitions

Processeur : unité de traitement, le plus souvent spécialisée à un domaine. Les processeurs dédiés aux calculs ou au traitement du signal ainsi que les processeurs graphiques permettent par exemple un traitement en temps réel de l'information audio et vidéo.

Microprocesseur : un processeur à usage général tenant sur une seule puce en silicium. La largeur des gravures par lithographie est de seulement 22 nm sur les microprocesseurs Intel i7 de dernière génération.

Microcontrôleur : dans un même boîtier, le microprocesseur côtoie des circuits périphériques (ports d'entrée/sortie, timers, convertisseurs analogique/numérique...) Un microcontrôleur contient aussi de la mémoire (RAM et ROM) en petite quantité.

CPU : Central Processing Unit correspond en français à « Unité Centrale de Traitement ». CPU est un terme générique pouvant aussi bien désigner un processeur, un microprocesseur ou dans une certaine mesure un microcontrôleur. Contrairement aux expressions « Unité Centrale de traitement » ou « Unité Centrale », le terme CPU ne désigne pas l'ordinateur mais la puce en silicium chargée d'exécuter les instructions qu'il reçoit.

1•3•1 Architecture CISC

Instructions

Les CPU peuvent être répartis en deux familles en fonction de leur jeu d'instructions :

- les circuits à architecture RISC ;
- les circuits à architecture CISC.

Les microcontrôleurs de chez Microchip reposent sur une architecture RISC (Reduced Instruction-Set Computer). Le jeu d'instructions est réduit mais une instruction est capable d'effectuer plusieurs opérations en même temps. Chaque instruction s'effectue en un seul cycle. Par rapport à l'architecture CISC (Complex Instruction-Set Computer), le code d'un programme basé sur l'architecture RISC est plus dense.

La famille des microprocesseurs x86 s'appuie sur une architecture CISC. Avec son millier d'instructions, à comparer aux quelques dizaines présentes dans les circuits RISC, l'écriture d'un programme s'effectue pas à pas. Il en résulte un temps d'exécution plus long en cycles d'horloge compensé par une fréquence de fonctionnement plus grande.

La consommation d'un circuit est intimement liée à sa vitesse de fonctionnement. À une fréquence de 3,5 GHz, un i7 de troisième génération consomme environ 77 watts. Cela implique un système de refroidissement actif. En comparaison, le microcontrôleur PIC12F508 à architecture RISC consomme environ 500 µW à 4 MHz.

L'architecture ARM se situe à mi-chemin entre les circuits CISC et RISC. On retrouve ce type de processeur sur les systèmes portatifs qui allient faible consommation et puissance tels que par exemple certaines tablettes mais aussi de nombreux équipements réseau.

LARGEUR DE BUS

8 à 64 bits

Les CPU possèdent un bus de données d'une largeur de 8 à 64 bits. Un processeur de 64 bits est en mesure de traiter théoriquement deux fois plus vite une donnée qu'un processeur 32 bits. Pour améliorer la vitesse de traitement, les processeurs sont équipés de mémoire interne appelée mémoire cache ; les instructions peuvent recevoir un pré-traitement. Pour renforcer la puissance des processeurs, plusieurs coeurs peuvent être intégrés sur la même puce. On en compte deux sur les i3, jusqu'à 4 pour les i5 et jusqu'à 6 pour les i7.

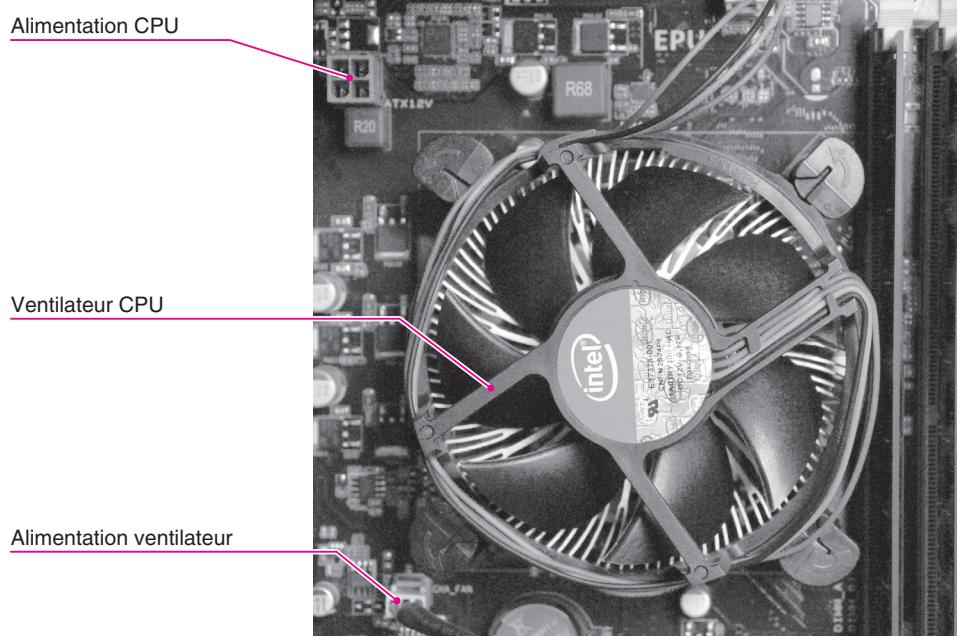
MICROPROCESSEUR + CHIPSET

L'amélioration des processus de fabrication des CPU de chez Intel permet d'intégrer sur une même puce la partie microprocesseur, un processeur graphique et des périphériques ultra-rapides. L'architecture CPU + Northbridge + Southbridge se réduit à présent à un circuit CPU intégrant les fonctionnalités du chipset Northbridge auquel on adjoint un seul chipset externe baptisé PCH pour Platform Controller Hub.

Les barrettes mémoire ainsi que le bus PCI Express 3.0 se voient reliés au CPU tandis que les interfaces plus lentes comme par exemple l'USB, le SATA, le PCI Express 2.0 passent par le chipset PCH.

Contrairement aux autres circuits intégrés, le CPU n'est pas soudé mais placé sur un support spécifique auquel est ajouté un système de ventilation. Le chipset PCH reçoit lui aussi un système de dissipation mais du fait de la faible puissance dissipée, un simple radiateur assure l'évacuation de chaleur.

Chipset



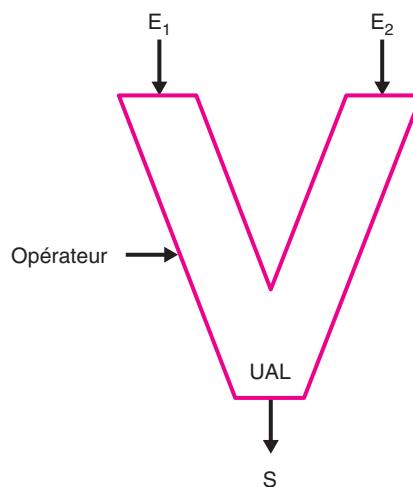
La surveillance de la température du microprocesseur est effectuée en interne pour chaque cœur. Une mesure externe est aussi effectuée. Un système de régulation permet de commander la vitesse du ventilateur.

1•3•2 Opérations mathématiques et logiques

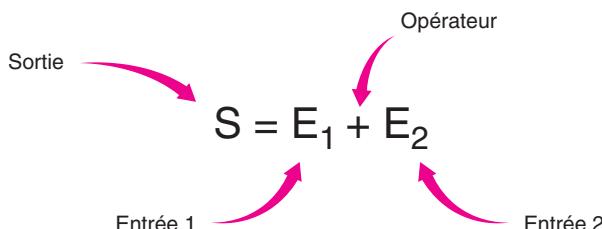
Le microprocesseur effectue une lecture de la mémoire contenant le programme à exécuter. Chaque ordre est représenté par un ou plusieurs octets. Les instructions sont réparties en différentes catégories : opérations mathématiques et logiques, transfert de données, boucle, comparaisons, chargement de registres...

Les opérations mathématiques et logiques sur les nombres entiers sont traitées par l'UAL (Unité Arithmétique et logique ; ULA en anglais).

UAL



Exemple : addition des opérandes E_1 et E_2



Comme les entrées et la sortie, l'opérateur est un mot binaire. Changer sa valeur revient à choisir une autre opération. Les calculs sont effectués avec des entiers mais certains UAL s'apparentent à des processeurs mathématiques qui peuvent travailler avec des nombres en virgule flottante tout en offrant des fonctions mathématiques supplémentaires.

Certains UAL sont en mesure d'effectuer des décalages et des rotations binaires à droite ou à gauche. Ces fonctionnalités peuvent être externes à l'UAL.

À chaque fonction correspond un câblage électronique constitué de portes logiques. Sur un ordinateur de bureau, on compte à présent plus d'un milliard de transistors par CPU.

B

Le traitement de l'information

1•3•3 Les drapeaux

Flags

Les « flags » ou drapeaux en français sont des indicateurs. En fonction de la commande employée et du résultat obtenu, les drapeaux changent d'état. Sur les processeurs i7, on ne dénombre pas moins de 17 drapeaux.

Nom du Drapeau	Usage
CF	Indique que l'opération a donné lieu à une retenue (en anglais Carry).
ZF	Le résultat de l'opération est égal à zéro
SF	Signe du résultat de l'opération
OF	O comme Overflow, ce drapeau indique un débordement
PF	Drapeau de parité.

Principaux drapeaux sur les processeurs X86

Le microprocesseur dispose de commandes permettant de réagir différemment suivant l'état d'un drapeau.

Par exemple, l'instruction **JZ** déclenche un saut dans le programme uniquement lorsque le résultat précédent donne zéro en retour.

Les drapeaux sont regroupés au sein d'une même entité appelée « registre d'états »

1•3•4 Les registres

Compteur ordinal

Un registre est une mémoire de très petite taille située dans un CPU, un chipset ou un circuit périphérique.

Sur les microprocesseurs de dernières générations équipant les ordinateurs de type PC, les registres ont une taille de 32 ou 64 bits.

Dans la section 1.3.1 sur l'UAL, les opérandes étaient constituées des variables E_1 et E_2 qui plus précisément correspondent à des valeurs directes ou indirectes. Les valeurs indirectes sont issues des registres ou d'une référence à un emplacement mémoire.

On distingue différents types de registres :

- le registre de drapeaux ;
- les registres de données à usage général ;
- les registres de segments ;
- le registre pointeur d'instruction.

Le registre de segments est dédié à la gestion particulière de la mémoire. Le registre pointeur d'instruction, baptisé aussi compteur ordinal, contient l'adresse mémoire de l'instruction en cours d'exécution.

L'architecture x86 des microprocesseurs 64 bits équipant les ordinateurs de type PC hérite des générations précédentes. Ainsi un programme prévu pour tourner sur un microprocesseur 8086 datant de 1978 est en mesure de s'exécuter sur un ordinateur de type PC récent. Cette compatibilité ascendante nous conduit à la présentation des premiers registres généraux ainsi qu'à leur évolution.

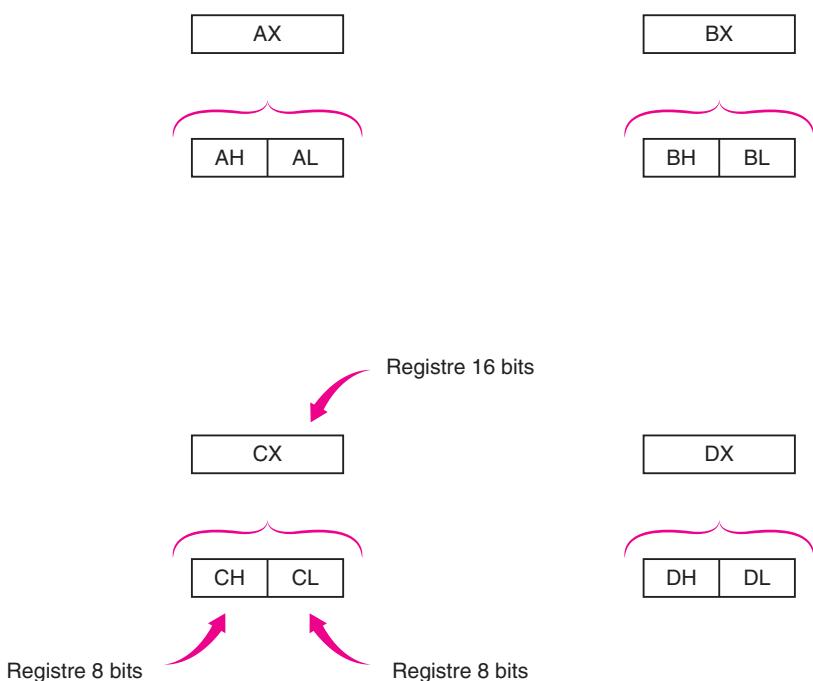
PRINCIPAUX REGISTRES GÉNÉRAUX DU 8086

Les registres généraux du 8086 sont au nombre de 4 :

AX, BX, CX et DX.

Chacun de ces registres a une largeur de 16 bits. On peut travailler directement avec eux ou utiliser leur partie haute ou leur partie basse. La partie haute du registre AX est appelée AH tandis que sa partie basse porte le nom AL. Sur le même principe, les registres BX, CX et DX peuvent recevoir un découpage similaire. La figure ci-dessous résume cette organisation particulière des registres généraux.

Registres généraux



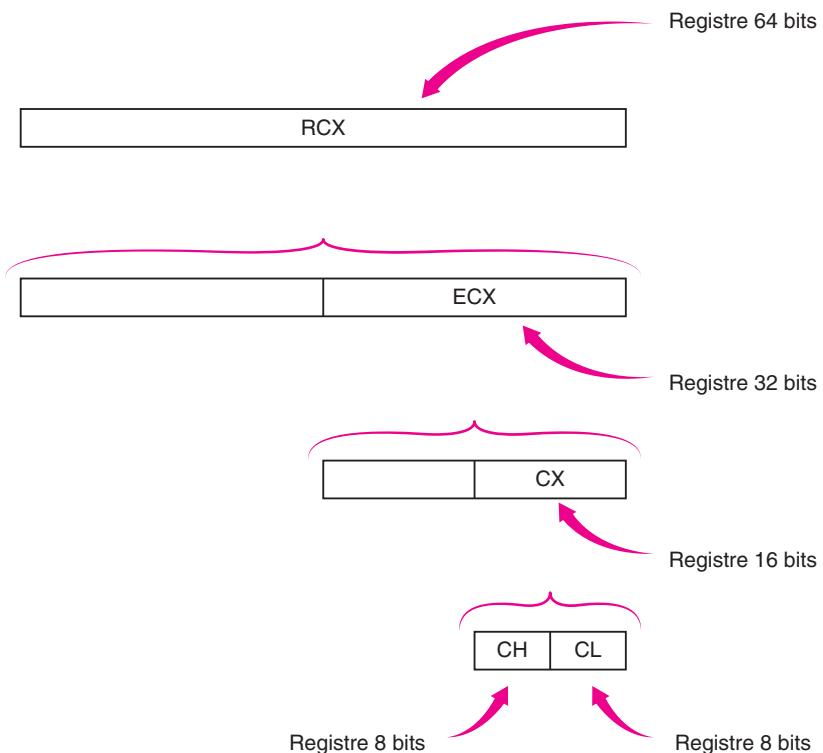
AX joue le rôle d'accumulateur c'est-à-dire que le résultat d'une opération avec ce registre est placé dans ce même registre. CX peut être employé pour un usage général. Il sert aussi à définir le nombre d'itérations pour les boucles.

Registres généraux

PRINCIPAUX REGISTRES GÉNÉRAUX DE L'i7

Le microprocesseur i7 est capable de fonctionner en mode 32 bits ou en mode 64 bits. En mode 32 bits les registres AX, BX, CX et DX précédemment décrits se voient étendus de 16 bits supplémentaires pour former respectivement les registres EAX, EBX, ECX et EDX.

En mode 64 bits, les registres EAX, EBX, ECX et EDX sont allongés de 32 bits supplémentaires pour former respectivement les registres RAX, RBX, RCX, RDX et REX.



Le registre des drapeaux FLAGS a connu aussi une évolution. Il porte à présent le nom EFLAGS pour faire référence à sa largeur de 32 bits. Certains bits de ce registre ne sont pas disponibles : leur usage demeure réservé.

En mode 32 bits, les programmes peuvent atteindre une taille continue de 4 Go. En mode 64 bits la limite est avant tout établie par le gestionnaire de mémoire, à savoir 32 Go sur un i7.

1•3•5 Instructions en assembleur

Le microprocesseur reçoit des commandes représentées sous la forme d'octets. Ce mode de représentation étant particulièrement difficile à interpréter, les techniciens en informatique amenés à développer leurs propres outils font appel à l'assembleur.

Le terme assemblleur désigne aussi bien l'outil qui permet de traduire les « instructions » en binaire que le langage proprement dit portant le même nom.

Contrairement aux autres langages la conversion entre l'assemblleur et le binaire est sans perte. La transcription peut s'effectuer aussi bien dans un sens que dans l'autre. Les « instructions » de l'assemblleur sont en réalité des mnémoniques, c'est-à-dire la contraction de mots. Par exemple le mnémonique NOP signifie « No OPeration ». Cette instruction particulière qui ne fait absolument rien au niveau des registres ni au niveau de la mémoire se contente de faire perdre un peu de temps au CPU, ce qui peut être utile pour la création de temporisations.

Un listing en assemblleur est structuré. La première colonne sert à placer des repères portant le nom des étiquettes. La deuxième colonne représente le mnémonique et la troisième ses éventuels arguments. En fin de ligne on peut ajouter des commentaires servant à rendre plus lisible le programme.

Commandes ASM

Address	Mnemonic	Operands	Registers
0x0000000077adcb3d	NOP		RAX 0x0000000000000000 RCX 0x0000000000000000 RDX 0x0000000000000000 RBP 0x0000000000000000 RSP 0x0000000000000000 RGS 0x0000000000000000 RBR 0x0000000000000000 RDI 0x0000000000000000 R8 0x0000000000000000 R9 0x0000000000000000 R10 0x0000000000000000 R11 0x0000000000000000 R12 0x0000000000000000 R13 0x0000000000000000 R14 0x0000000000000000 R15 0x0000000000000000 CS 0x0000000000000033 DS 0x000000000000002b ES 0x0000000000000025 FS 0x0000000000000025 GS 0x000000000000002b SS 0x000000000000002b CF 0 OF 1 PF 0 AF 0 ZF 1 SF 0 TF 0 IF 1 DF 0 OF 0 IOPL 0 NP 0 SF 0 VIF 0 VTF 0 ID 0
0x0000000077adcb59	MOV	R8, [RSP+0x20], 0x00	
0x0000000077adcb60	CALL	ntdll.dll+NtQueryInformationThread	
0x0000000077adcb65	TEST	EAX, EAX	
0x0000000077adcb67	JS	ntdll.dll+CsrSetPriorityClass+0x43	
0x0000000077adcb69	CMP	BYTE [RSP+0x40], 0x0	
0x0000000077adcb6e	JNZ	ntdll.dll+CsrSetPriorityClass+0x43	
0x0000000077adcb70	INT 3		
0x0000000077adcb71	JMP	ntdll.dll+CsrSetPriorityClass+0x43	
0x0000000077adcb73	ADD	RSP, 0x38	
0x0000000077adcb77	RET		
0x0000000077adcb78	NOP		
0x0000000077adcb79	NC		
0x0000000077adcb7a	NOP		
0x0000000077adcb7b	NOP		
0x0000000077adcb7c	NOP		
0x0000000077adcb7d	NOP		
0x0000000077adcb7e	NOP		

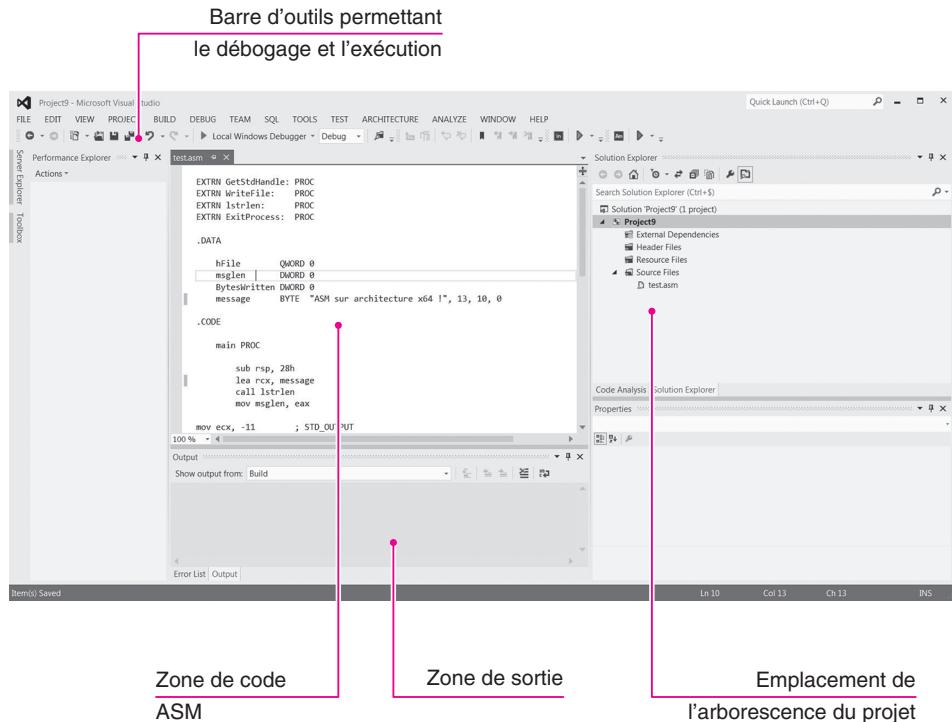
B

Le traitement de l'information

1•3•6 Environnement de développement intégré

La saisie des lignes de mnémoniques constituant un programme en assembleur s'effectue à l'aide d'un simple éditeur de texte. Pour disposer d'un environnement plus confortable, on fait généralement appel à un EDI (Environnement de Développement Intégré). Un produit tel que Microsoft Visual Studio apporte un cadre de travail particulièrement bien adapté pour l'élaboration de programmes, notamment ceux écrits entièrement en assembleur et dédiés à l'architecture 64 bits.

EDI

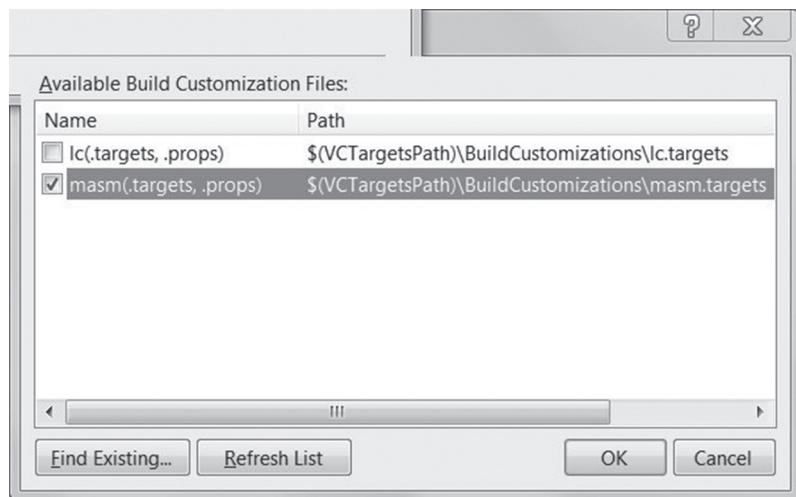


La zone de sortie représentée sur la figure ci-dessus permet d'afficher les erreurs survenues lors de la phase de génération du fichier exécutable.

Bien qu'il soit tout à fait envisageable de travailler directement en mode commande, l'usage d'un IDE permet d'accéder plus facilement à l'ensemble des outils.

L'unité centrale

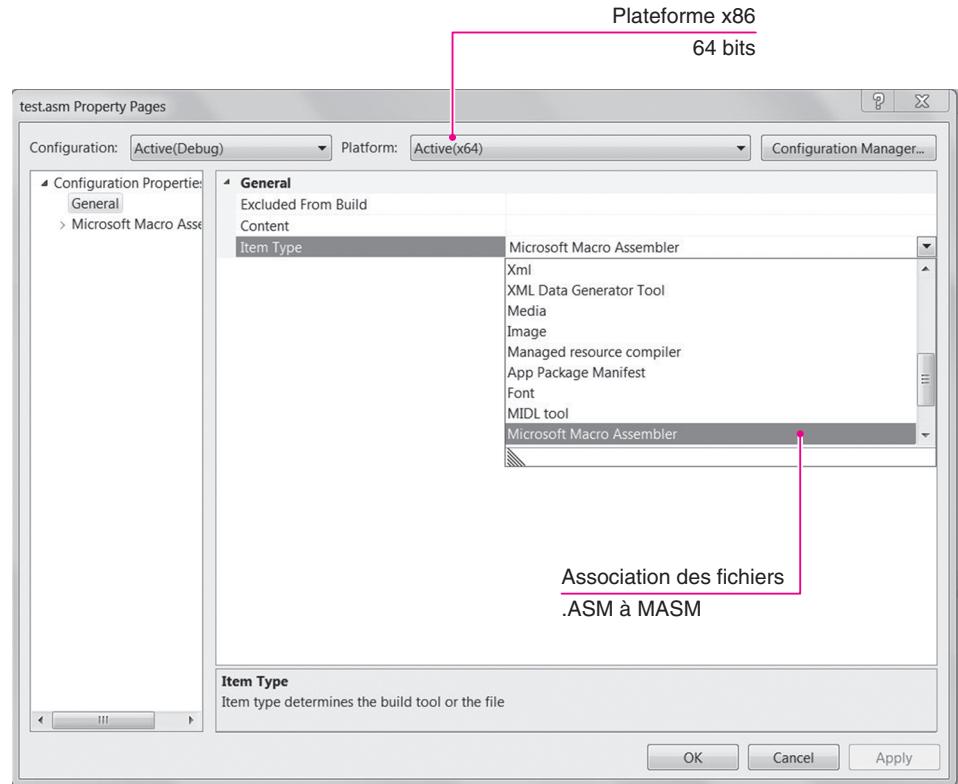
Le paramétrage d'un environnement de développement proposé par défaut ne correspond pas à toutes les situations. Pour accéder à l'assembleur MASM sous Visual Studio, il est nécessaire de cocher la case appropriée accessible à partir du menu PROJECT et de sa rubrique « Build Customizations... »



EDI

L'extension d'un fichier ne suffit pas toujours à préciser le type de document. À partir de l'arborescence du projet, il est possible d'intervenir sur les propriétés du fichier source pour vérifier son type et le changer si nécessaire. La plateforme précise le type de processeur et son architecture.

B

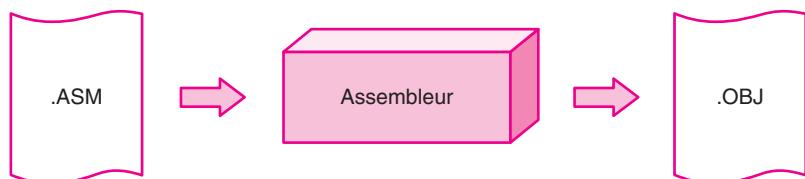


101

1•3•7 Directives ASM

L'assembleur ne génère pas directement un fichier exécutable. Il crée un fichier objet se terminant par l'extension .OBJ.

Remarque : un fichier objet n'a absolument rien à voir avec la « programmation objet ».

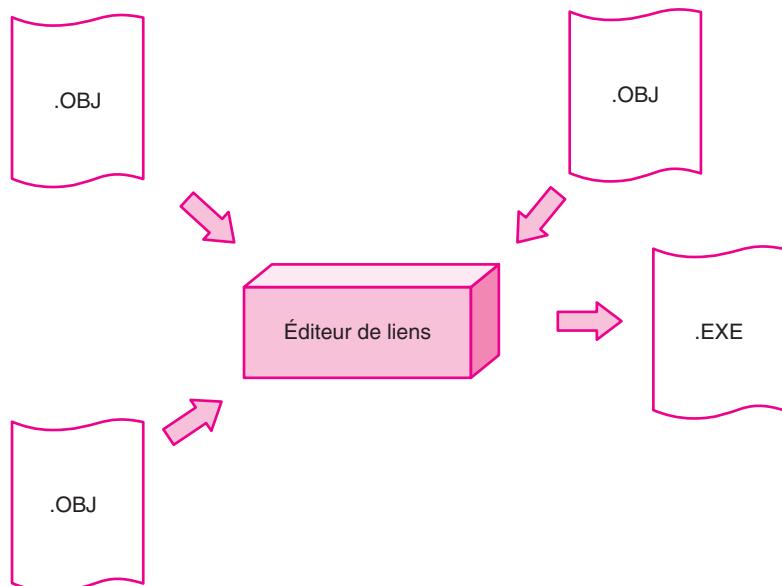


Le contenu d'un fichier .OBJ reproduit le listing assembleur d'origine auquel a été ajoutée la valeur des octets correspondant aux mnémoniques. Les octets générés ne sont pas encore complètement exploitables car les calculs permettant de connaître l'emplacement des instructions ne sont pas établis. L'assembleur doit effectuer un deuxième passage pour résoudre cet aspect.

Pour bénéficier des nombreuses fonctions présentes dans les bibliothèques du système d'exploitation, il est nécessaire de faire appel à un éditeur de liens. Dans un listing assembleur, les appels aux fonctions externes s'effectuent en seulement quelques lignes de code. Pour les utiliser, il n'est pas nécessaire de disposer du code source des fonctions des bibliothèques mais seulement de leurs fichiers .OBJ ou de leurs DLL.

Structure ASM

DLL : *Dynamic Link Library* ou bibliothèque dynamique de liens (à des fonctions). L'appel d'une fonction située dans une DLL ne charge qu'une fois en mémoire la fonction. L'évolution des DLL n'implique pas la mise à jour des programmes.



L'unité centrale

Structure ASM

Certaines instructions dans un programme source ASM ne sont pas référencées par les fondateurs de microprocesseurs ; il ne s'agit pas de mnémoniques mais de directives que l'on appelle aussi « pseudo-code ». Ces instructions visent à renseigner l'assembleur lors de la phase d'assemblage du code.

La directive .DATA marque l'emplacement d'informations correspondant à des données.

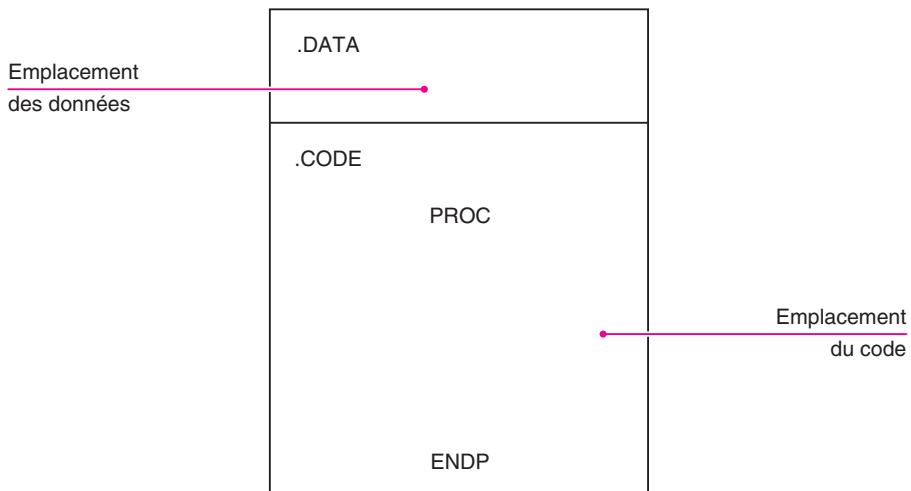
La directive .CODE informe l'assembleur de l'emplacement du code. Dans un programme ASM, deux zones cohabitent :

- la zone de données ;
- la zone programme.

Une instruction ASM ne peut pas faire un saut pour continuer l'exécution du programme dans la zone de données.

Une instruction ASM ne peut pas lire ou écrire à un emplacement mémoire situé dans la zone programme.

Cette protection des données et du code est spécifique à certaines familles de microprocesseurs.



Structure d'un programme assembleur

Les directives PROC et ENDP marquent respectivement le début et la fin d'une procédure. On peut signaler l'utilisation de procédures externes en début de listing via la directive EXTERN. C'est de cette manière que l'on peut déclarer à l'assembleur que certains noms présents dans la partie CODE font référence à des éléments extérieurs.

Pour afficher dans une console une ligne de texte, on peut faire appel à la fonction Windows « WriteFile ». En informatique, la notion de fichier revêt un sens plus large faisant référence aux flux de données avant un éventuel stockage sur un support. La fonction WriteFile est capable d'envoyer un flux de données en direction de la mémoire tampon dédiée à l'affichage dans une console.

La fonction WriteFile a besoin de différentes informations que l'on peut obtenir à l'aide de la fonction GetStdHandle. Pour terminer correctement l'exécution du programme en cours d'exécution, on fera appel à une dernière fonction externe, à savoir la fonction ExitProcess.

Procédures externes

Le listing ci-dessous représente un exemple complet de fichier source en assembleur.

```
EXTRN GetStdHandle: PROC
EXTRN ExitProcess: PROC
EXTRN WriteFile: PROC

.DATA
    hFile        QWORD 0
    BytesWritten DWORD 0
    message      BYTE  "ASM sur architecture x64 !", 13, 10

.CODE
main PROC
    sub rsp, 28h      ; ajustement de la pile
    lea rcx, message
    mov ecx, -11       ; Sortie sur la sortie standard.
    call GetStdHandle
    mov hFile, rax
    lea r9, BytesWritten
    mov r8d, 28         ; Nombre de caractères à afficher.
    lea rdx, message
    mov rcx, hFile
    call WriteFile     ; Appel de la fonction WriteFile
    xor ecx, ecx ;   Code de sortie = 0
    add rsp, 28h       ; réinitialisation de la pile
    call ExitProcess

main ENDP
END
```

Structure d'un programme assembleur

Sur une ligne, tout ce qui suit le caractère « ; » est considéré comme étant un commentaire. Cela permet de rendre plus lisible le code source.

La ligne « SUB RSP, 28h » ne sert qu'à étendre la pile de manière à réservé par sécurité de la place pour la bonne exécution de certaines fonctions. La ligne « ADD RSP,28h » réinitialise la pile. Ces deux lignes ne servent qu'à la gestion particulière de l'environnement 64 bits. Une pile peut être vue comme une zone mémoire où l'on entasse des informations l'une par-dessus l'autre, la dernière information empilée étant la plus accessible.

Ce code peut être amélioré en faisant usage de la fonction externe Istrlen chargée de calculer la longueur d'une chaîne de caractères. Les codes 13 et 10 à la fin de la chaîne entre guillemets visent à ajouter un saut de ligne.

Assemblage

L'assembleur permet de générer différents fichiers comme par exemple un listing du code agrémenté des octets correspondant à ses différents mnémoniques.

test.asm

Page 1 - 1

```

EXTRN GetStdHandle: PROC
EXTRN ExitProcess: PROC
EXTRN WriteFile: PROC

00000000 .DATA
00000000 hFile QWORD 0
00000008 00000000 BytesWritten DWORD 0
0000000C 41 53 4D 20 73 message BYTE "ASM sur architecture
x64 !", 13, 10
75 72 20 61 72
63 68 69 74 65
63 74 75 72 65
20 78 36 34 20
21 0D 0A

00000000 .CODE
00000000 main PROC
00000000 48/ 83 EC 28 sub rsp, 28h
00000004 48/ 8D 0D lea rcx, message
0000000C R
0000000B B9 FFFFFFFF mov ecx, -11 ; STD_OUTPUT
00000010 E8 00000000 E call GetStdHandle
00000015 48/ 89 05 mov hFile, rax
00000000 R
0000001C 4C/ 8D 0D lea r9, BytesWritten
00000008 R
00000023 41/ B8 mov r8d, 28
00000001C
00000029 48/ 8D 15 lea rdx, message
0000000C R
00000030 48/ 8B 0D mov rcx, hFile
00000000 R
00000037 E8 00000000 E call WriteFile
0000003C 33 C9 xor ecx, ecx ; exit code = 0
0000003E 48/ 83 C4 28 add rsp, 28h
00000042 E8 00000000 E call ExitProcess

00000047 main ENDP
END

```

Exemple de fichier obtenu par l'assembleur ml64

L'unité centrale

Assemblage

Le listing de la page précédente a été généré à l'aide de la commande ml64 et de son option /FI. Un récapitulatif des différents symboles employés apparaît en fin de listing.

test.asm

Symbols 2 - 1

Procedures, parameters, and locals:

N a m e Type Value Attr

main P 00000000 _TEXT Length= 00000047 Public

Symbols:

N a m e Type Value Attr

BytesWritten	DWord	00000008 _DATA
ExitProcess	L	00000000 External
GetStdHandle	L	00000000 External
WriteFile	L	00000000 External
hFile	QWord	00000000 _DATA
message	Byte	0000000C _DATA

0 Warnings

0 Errors

Exemple de fichier obtenu par l'assembleur ml64 (suite et fin)

Le désassemblage est la procédure inverse de l'assemblage. Il est utilisé dans les opérations de débogage et fait partie des opérations ayant trait au reverse engineering. Contrairement à notre code source d'origine, la figure ci-dessous fait apparaître les appels aux fonctions sans en préciser les noms. On peut toutefois remarquer que pour un simple affichage de texte dans une console, pas moins de trois fichiers dll sont employés.

Modules	Address	MachineCode	Mnemo...	Operands
kernel32.dll	0x000000013f381005	e9 06000000	JMP	project9.exe+0x1010
kernelbase.dll	0x000000013f38100a	cc	INT 3	
ntdll.dll	0x000000013f38100b	cc	INT 3	
	0x000000013f38100c	cc	INT 3	
	0x000000013f38100d	cc	INT 3	
	0x000000013f38100e	cc	INT 3	
	0x000000013f38100f	cc	INT 3	
	0x000000013f381010	48 83ec 28	SUB	RSP, 0x28
	0x000000013f381014	48 8d0d f12f0000	LEA	RCX, [RIP+0x2ff1]
	0x000000013f38101b	b9 ffffffff	MOV	ECX, -0xb
	0x000000013f381020	e8 43000000	CALL	project9.exe+0x1068
	0x000000013f381025	48 8905 d42f0000	MOV	[RIP+0x2fd4], RAX
	0x000000013f38102c	4c 8d0d d52f0000	LEA	R9, [RIP+0x2fd5]
	0x000000013f381033	41 b8 1c000000	MOV	R8D, 0x1c
	0x000000013f381039	48 8d15 cc2f0000	LEA	RDX, [RIP+0x2fc]
	0x000000013f381040	48 8b0d b92f0000	MOV	RCX, [RIP+0x2fb9]
	0x000000013f381047	e8 28000000	CALL	project9.exe+0x1074
	0x000000013f38104c	33c9	XOR	ECX, ECX
	0x000000013f38104e	48 83c4 28	ADD	RSP, 0x28
	0x000000013f381052	e8 17000000	CALL	project9.exe+0x106
	0x000000013f381057	cc	INT 3	
	0x000000013f381058	cc	INT 3	
	0x000000013f381059	cc	INT 3	
	0x000000013f38105a	cc	INT 3	
	0x000000013f38105b	cc	INT 3	

1•3•8 Taille du code

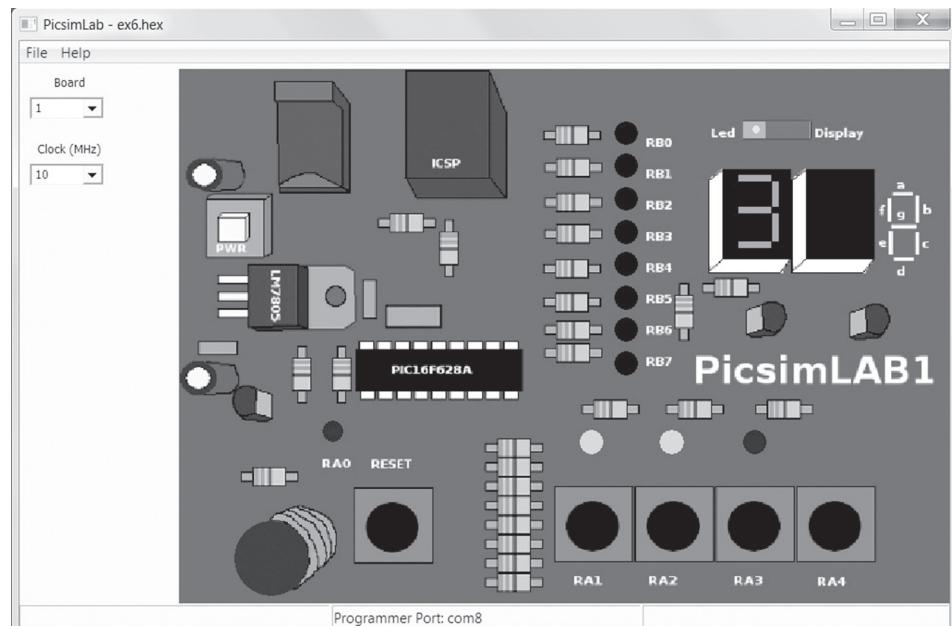
La taille du fichier exécutable atteint 10240 octets. Cela peut paraître énorme au regard du rôle joué par une simple routine. En réalité, seulement quelques dizaines d'octets suffisent pour le code ASM proprement dit. On peut se demander de manière légitime pourquoi alors le fichier exécutable prend une place si importante. La réponse tient à la structure particulière d'un fichier EXE : celui-ci contient des en-têtes ainsi que différents identificateurs permettant une compatibilité avec les anciens formats. On retrouve aussi le nom des DLL ainsi que bien d'autres informations.

D'un autre côté, 10 ko face aux giga-octets de la RAM ou du disque dur paraît dérisoire. De plus, l'ajout de lignes de code ne viendra grandir la taille du fichier que de quelques octets seulement.

Un autre attrait de l'assembleur réside dans le fait que sa vitesse d'exécution est très rapide puisqu'il est directement interprétable par le microprocesseur. Sa difficulté d'utilisation tient plus au fait qu'il est beaucoup plus proche du matériel et de son architecture que d'une réelle complexité intrinsèque.

Il existe autant d'assembleurs que de gammes de processeurs. Cela se traduit par exemple par l'absence de portabilité d'un fichier exécutable issu d'un ordinateur de type PC sur un équipement fonctionnant autour d'un processeur ARM. On peut toutefois faire usage d'un émulateur de microprocesseur ou même d'un simulateur comme par exemple le logiciel PICsim qui permet de simuler le fonctionnement de cartes équipées de microcontrôleurs de chez Microchip.

Émulation



Exemple de simulateur

1•4 La mémoire vive

RAM

La mémoire sert à stocker les programmes et les données. Contrairement aux mémoires mortes qui ne sont accessibles qu'en lecture, les mémoires vives fonctionnent aussi bien en lecture qu'en écriture. À la différence de la mémoire morte, la mémoire vive perd tout son contenu dès que l'alimentation est coupée.

La technologie des mémoires vives repose sur l'utilisation de condensateurs. A un niveau logique 0 correspond un condensateur déchargé et à un niveau logique haut correspond un condensateur chargé.

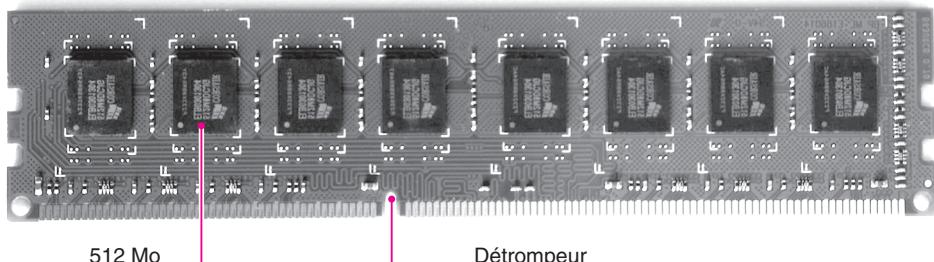
En fonction de la qualité de leur diélectrique, les condensateurs ont tendance à se décharger dans le temps. Pour ne pas atteindre des niveaux critiques, les condensateurs de la mémoire vive doivent subir un rafraîchissement régulier.

Il existe bien des mémoires qui n'ont pas besoin de rafraîchissement mais elles présentent l'inconvénient d'occuper beaucoup plus de place que les mémoires vives dynamiques. Il s'agit des mémoires vives dites statiques.

1•4•1 Les barrettes de mémoire DDR

DDR

Sur un même PCB (*Printed Circuit Board* ou circuit imprimé), on regroupe plusieurs composants mémoire de manière à lire plusieurs octets en même temps.



La position du détrompeur permet d'identifier le type de barrette mémoire. Ci-dessus est représentée une barrette mémoire de type DDR3 de 8 Go.

Un contrôleur mémoire vise à assurer un accès plus rapide : dans les barrettes mémoire de type DDR3 par exemple, jusqu'à 512 bits sont lus en même temps avant d'être transmis séquentiellement en rafale à une interface de bus sur 64 bits. Le débit théorique obtenu est alors 8 fois plus rapide qu'avec un accès direct à une organisation mémoire de 64 bits. En pratique, on obtient plutôt un gain de 4. Cette performance s'obtient avec des plages de données continues, ce qui est le plus souvent le cas. L'accès aléatoire à la RAM n'engendre pas d'amélioration.

1•4•2 Performance des mémoires

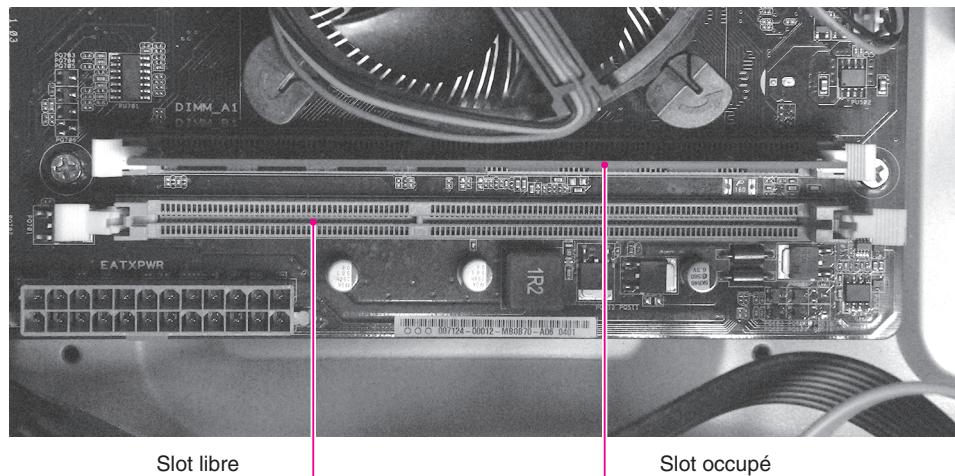
Après le type et la capacité en Go, la vitesse est un autre élément essentiel des barrettes mémoires. Le tableau ci-dessous indique le débit en fonction de leur nom standard.

Nom standard	Fréquence du bus (MHz)	Débit (Go/s)
DDR3 800	100	6,4
DDR3 1066	133	8,5
DDR3 1333	166	10,6
DDR3 1600	200	12,8
DDR3 1866	233	14,9
DDR3 2133	266	17

La tension d'alimentation est un autre élément important jouant sur la performance des mémoires. De 2,5 V à 1,35 V, la tension d'alimentation des barrettes mémoires ne cesse de décroître. Elle est ajustable à partir du BIOS. Plus la tension d'alimentation de la mémoire est faible, plus sa consommation est réduite.

Dans l'idéal, on pourrait être tenté de peupler sa carte-mère avec le maximum de quantité de mémoire fonctionnant à la vitesse la plus rapide. En réalité, un compromis s'impose car bien souvent les barrettes mémoire les plus rapides sont limitées en taille et le constructeur de la carte-mère n'autorise pas toujours une telle puissance globale. La documentation du constructeur de la carte-mère propose généralement un tableau récapitulant les différents types de barrettes mémoires permises.

Canaux



Certaines cartes-mères proposent seulement deux emplacements pour les barrettes mémoire. Avec une architecture à quatre canaux matérialisés par quatre emplacements dédiés aux barrettes mémoire on peut obtenir des gains de performances de l'ordre de 10% sur un i7.

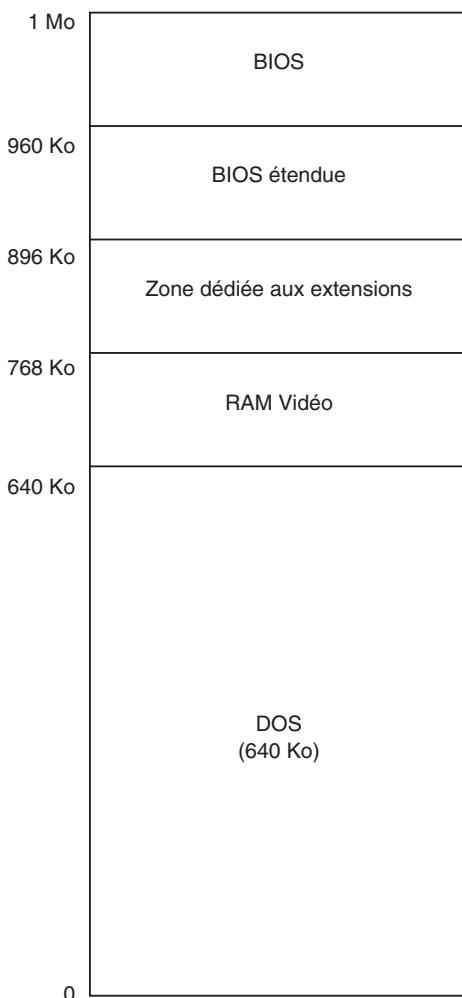
B

1•4•3 Cartographie de la mémoire

Plan d'adressage

Le BIOS, les périphériques, le système d'exploitation et les applications occupent de l'espace mémoire. De manière à éviter des conflits, la mémoire doit posséder un plan d'adressage.

Le BIOS occupe le haut du premier mégaoctet tandis que les premiers 640 Ko sont dédiés au DOS. La figure ci-dessous représente la cartographie de la partie basse de la mémoire. Le décodage d'adresses permettant la sélection du bon composant mémoire est effectué par un chipset.



Organisation de la mémoire

Au-dessus du premier mégaoctet se situe la mémoire principale dans laquelle une partie est dédiée à la carte graphique. Juste en dessous du seuil des 4 Go est implantée la partie haute des BIOS qui occupe 2 Mo. Les cartes PCI Express s'inscrivent dans la partie haute restante des 4 Go tout comme le gestionnaire d'interruptions.

1•4•4 La mémoire cache

L1, L2, L3

Pour accélérer le traitement des instructions, les microprocesseurs disposent de mémoire cache. Cette mémoire interne ultra-rapide est agencée en couches. La mémoire cache de niveau 1 est la plus rapide de toutes. Elle contient les prochaines instructions à exécuter ; toutefois il arrive que la prochaine instruction ne soit pas présente dans ce cache, cela peut se produire par exemple lorsque des instructions de sauts en mémoire sont utilisées. Dans ce cas le microprocesseur fait appel à la mémoire cache de niveau 2. Si l'instruction n'est pas présente, il remonte au cache de niveau 3 avant d'interroger éventuellement la mémoire DDR. Il existe aussi une mémoire cache de niveau 1 dédiée aux données : les données le plus souvent utilisées sont présentes dans cette mémoire.

Sur les microprocesseurs i7, la mémoire cache de niveau 3 est commune à tous les coeurs ; sa taille est de 8 Mo. Chaque cœur contient une mémoire cache de niveau 1 et 2. La mémoire cache de niveau 1 a une taille de 64 ko. Celle de niveau 2 est quatre fois plus grande.

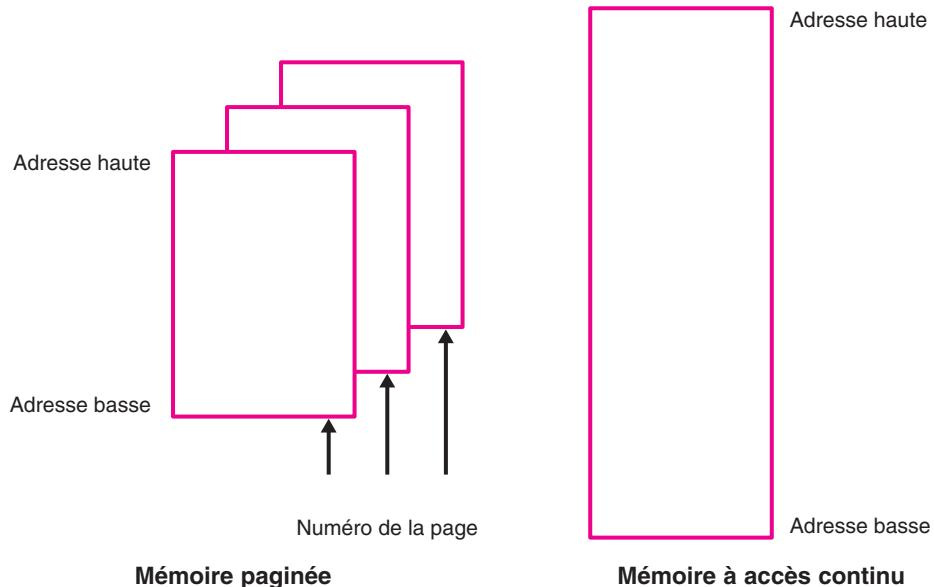
Le principe d'utilisation de la mémoire cache repose sur une localisation spatiale et temporaire : il y a plus de chance que les prochaines instructions qui seront exécutées soient celles situées dans les prochaines adresses. Il y a aussi plus de chance qu'un morceau de code employé récemment soit de nouveau utilisé.

Pendant que le microprocesseur exécute une instruction, il peut en parallèle mettre à jour la mémoire cache.

1•4•5 Organisation de la mémoire

Découpage mémoire

L'accès à la mémoire peut s'effectuer soit de manière paginée, soit de manière continue. L'accès continu signifie que la mémoire est vue comme une seule page. En mode 64 bits, il n'y a pas de pagination possible.



La mémoire physique correspond à celle accessible par le bus d'adresses. Les microprocesseurs i7 présentent un bus d'adresses d'une largeur de 36 bits permettant d'atteindre la taille de 64 Go. A cause du nombre de slots limité, toutes les cartes-mères ne permettent pas d'atteindre cette valeur.

Posséder une grande quantité de RAM trouve tout son sens lors de l'utilisation de plusieurs machines virtuelles ainsi que pour les serveurs qui peuvent recevoir un très grand nombre de requêtes.

Pile

En mode 32 bits la taille des pages peut atteindre 4 Go grâce au mode de gestion segmentée de la mémoire. L'intérêt de travailler en mode 32 bits est double : code et données peuvent être séparés tout en assurant une compatibilité avec les microprocesseurs plus anciens. Il en va de même de la pile. Pour empiler une donnée on fait appel à l'instruction PUSH. Pour dépiler une donnée on utilise l'instruction POP. La dernière information empilée est la première qui sera dépiler. Ces instructions sont très utiles pour placer ou supprimer des informations sans avoir à se soucier à chaque fois de l'adresse mémoire.

Dans le mode de gestion segmentée, une page est découpée en segments mais le gestionnaire de mémoire gère automatiquement le passage d'un segment à l'autre.

Pour une compatibilité avec le processeur 8086, il est nécessaire de travailler en mode d'adresse réelle. Ce mode consiste à découper la mémoire en segments de 64 Ko. Le passage d'un segment à l'autre est à gérer par le programmeur.

1•4•6 Les registres de segments

CS, DS, SS

Les microprocesseurs de la famille X86 disposent des registres de segments CS, DS et SS.

CS : registre de segment de code

DS : registre de segment de données

SS : registre de segment de pile

Une adresse mémoire est représentée sous la forme XXXX:YYYY. Pour connaître l'adresse réelle il suffit d'effectuer le calcul suivant :

$$\text{Adresse} = \text{XXXX} \times 16 + \text{YYYY} \text{ (ou XXXX0 + YYYY)}$$

La partie XXXX est stockée dans le registre CS. Le résultat de l'opération représente la valeur de l'adresse courante (compteur ordinal ou registre PC). L'offset YYYY était initialement de 16 bits. L'espace mémoire géré par ce principe correspond au premier mégaoctet des ordinateurs de type PC. Sur les architectures 32 bits l'offset est de 32 bits (registre EIP). Avec le mode 64 bits des i7, l'offset est de 64 bits (registre RIP).

Pour des transferts de contenu mémoire d'un endroit à un autre, le microprocesseur s'appuie sur les registres SI et DI indiquant respectivement la source et la destination. En mode 32 bits, on fait appel aux registres ESI et EDI. En mode 64 bits ce sont les registres RSI et RDI qui assurent un rôle similaire.

1•4•7 Les modes d'adressage

Transfert

Sur les microprocesseurs de la famille X86, il existe 7 types d'adressage différents.

L'adressage immédiat consiste à charger directement une constante dans un registre :

MOV AX,4000h

AX = 4000h

L'adressage de registre se résume au chargement d'un registre par le contenu d'un autre :

MOV BX,DX

BX = DX

L'adressage direct permet d'accéder directement à la mémoire. L'exemple ci-dessous transfère dans le registre AL le contenu situé à l'adresse définie par le registre DS et l'offset C014h.

MOV AL,[C014h]

AL = contenu situé à l'adresse DS × 16 + C014h

L'adressage direct permet aussi d'écrire dans la mémoire. Dans l'exemple ci-dessous le contenu du registre AL est placé à l'adresse calculée à l'aide du registre DS et de l'offset D058h.

MOV [D058h],AL

Le contenu du registre AL est placé à l'adresse DS × 16 + D058h

L'adressage indirect fait appel à la mémoire. L'exemple ci-dessous transfère le contenu situé à l'adresse définie par les registres DS et BX.

MOV AL,[BX]

AL=contenu situé à l'adresse DS × 16 + BX

Transfert

L'adressage indirect permet aussi d'écrire dans la mémoire :

MOV [BX],AL

Le contenu du registre AL est transféré à l'adresse DS × 16 + BX

L'adressage de base permet d'accéder à la mémoire. L'adresse mémoire est spécifiée à l'aide du contenu d'un registre auquel est ajoutée une constante :

MOV AL,[BX+07h]

AL = contenu situé à l'adresse DS × 16 + BX + 07h

L'adressage de base permet aussi l'écriture dans la mémoire. Le contenu d'un registre est alors recopié à l'adresse spécifiée par les registres DS, BX et une constante :

MOV [BX+1Eh],AL

Le contenu du registre AL est transféré à l'adresse DS × 16 + BX + 1Eh

L'adressage indexé direct consiste à calculer l'adresse à partir d'un offset ajouté au registre DI. La lecture en mémoire transfère le résultat dans un registre :

MOV AL,[35h+DI]

AL = contenu situé à l'adresse DS × 16 + DI + 35h

L'écriture avec l'adressage indexé direct fait aussi appel au registre DI :

MOV [42h+DI],AL

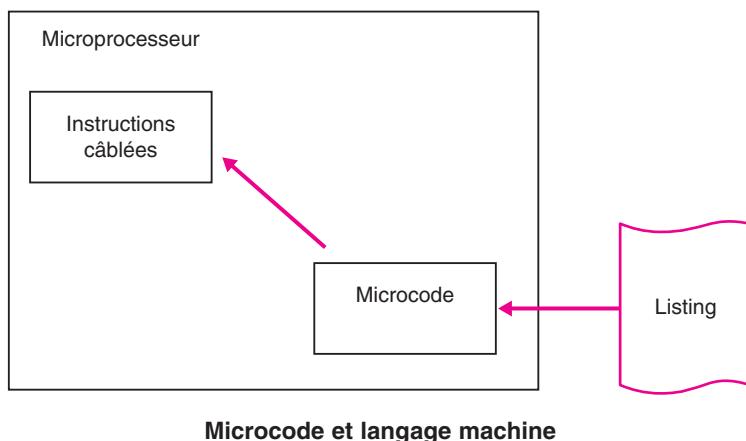
Le contenu du registre AL est transféré à l'adresse DS × 16 + DI + 42h

L'adressage indexé de base reprend le principe de l'adressage indexé direct mais à la différence de ce dernier on ajoute en plus le contenu du registre BP pour le calcul de l'adresse.

1•5 Le microcode

Le microcode ou « bytecode » est un code intermédiaire par rapport au code final réellement employé par le microprocesseur. Son usage améliore le niveau de sécurité des applications tout en facilitant leur portabilité sur différentes plateformes.

Le microcode correspond à un jeu d'instructions faciles à utiliser faisant appel à un jeu d'instructions câblées.



Bytecode

L'utilisation de microcode peut être partielle comme par exemple sur la partie graphique de certains microprocesseurs ou écrans TFT. La mise à jour du microcode peut être rendue accessible par le fondeur ou le constructeur.

Les microprocesseurs de la famille x86 contiennent eux aussi un microcode qu'il peut être nécessaire de mettre à jour à partir du site du fondeur ou de celui du fournisseur du système d'exploitation. La sécurité et la fiabilité du système s'en trouvent améliorées.

La notion de « bytecode » s'étend au système d'exploitation Android. De manière à permettre l'exécution de plusieurs applications en même temps, Android intègre une machine virtuelle reposant sur l'utilisation de microcode. L'intérêt d'une telle solution réside dans le fait que cette machine virtuelle est disponible pour une grande variété de matériels. En contrepartie, la vitesse d'exécution est beaucoup plus lente. Les constructeurs compensent cet aspect en choisissant des processeurs à plusieurs coeurs et fonctionnant à des fréquences très élevées.

Android s'appuie sur le langage JAVA, toutefois leurs « bytecodes » diffèrent. Le langage Java peut être enfoui au sein de composants comme par exemple les cartes à puce. Pour des raisons de sécurité ou tout simplement pour limiter la création de produits concurrents, les informations relatives au microcode sont le plus souvent présentées de façon succincte.

1•6 Les SoC

SoC Broadcom

L'évolution des procédés de fabrication des microprocesseurs a rendu possible l'intégration de circuits périphériques sur une même puce donnant ainsi lieu à la mise sur le marché de microcontrôleurs. Dans une perspective de diminution des coûts et de réduction de la taille des produits, les recherches se sont tournées vers l'intégration de l'ensemble des composants dans un même boîtier pour former un système complet.

Un SoC (System on Chip) est un système complet intégré sur du silicium. Ce type de circuit est couramment employé par les fabricants de téléphones portables. Les applications possibles dépassent ce domaine tant le besoin de miniaturisation est important en médecine, dans les secteurs de la surveillance, de la défense et de bien d'autres encore. Broadcom propose un large choix de solutions reposant sur des SoC :

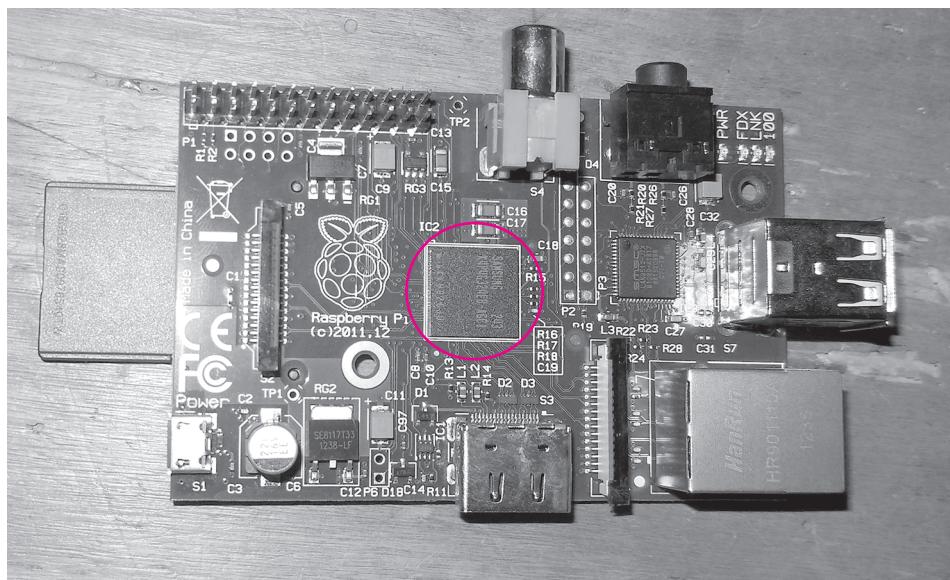
Référence	Désignation
BCM61670	SoC pour téléphone cellulaire 3G
BCM85810	SoC RF
BCM28145	Microprocesseur pour smartphone à 720 lignes + 4G
BCM28155	Microprocesseur pour smartphone en HD avec la 4G

Microcode et langage machine

1•6•1 La plateforme Raspberry Pi

Raspberry Pi

Avec plus de deux millions d'exemplaires, le Raspberry Pi représente l'outil de prédilection de nos voisins d'outre-Manche. Le « *Department for Children, Schools and Families* » correspondant approximativement à notre « Éducation Nationale » semble avoir pris conscience un instant de l'importance de renouer avec l'électronique au niveau des composants et de la programmation. Le succès est tel que même les professionnels se sont accaparés ce système s'appuyant sur un SoC.



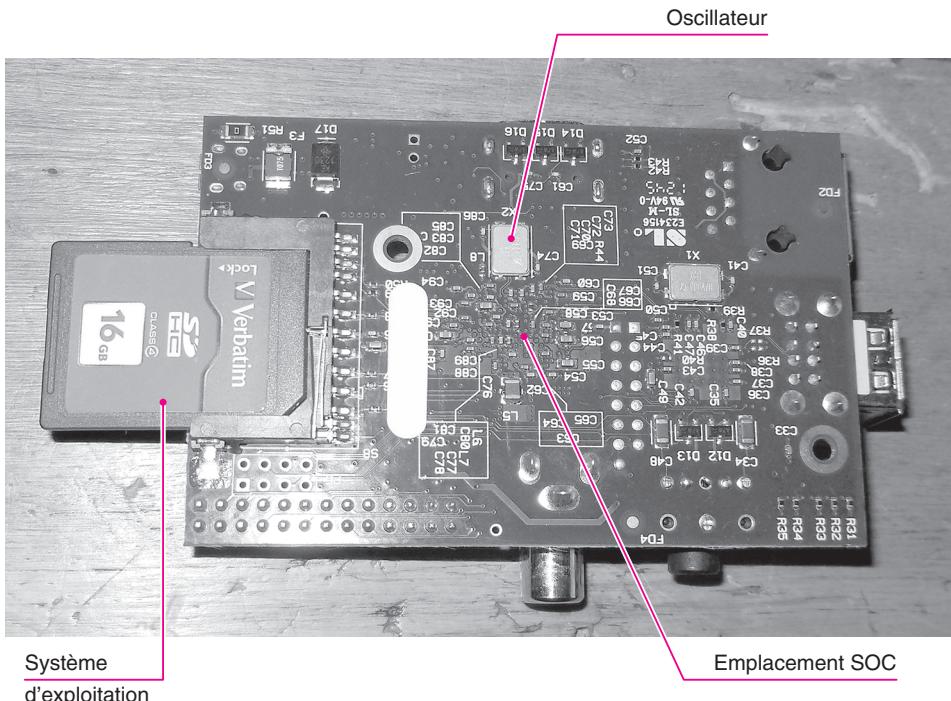
Le Raspberry Pi et son SoC

1•6•2 Les périphériques

Le Raspberry Pi repose sur un SoC BCM2835 de chez Broadcom, un processeur pour applications mobiles multimédia en haute définition. Sur une même puce sont regroupés un CPU, un GPU, un DSP, de la SDRAM et un port USB. Tournant à 700 MHz, le CPU n'a pas à rougir face à la vitesse des microcontrôleurs qui peinent bien souvent à dépasser les quelques dizaines de MHz. Par rapport aux microprocesseurs de plusieurs GHz, son prix et sa consommation extrêmement basse lui garantissent un succès commercial. Une carte Raspberry Pi équipée de 512 Mo de RAM ne consomme que 3,5 W pour un prix approximatif de 35 €.

En guise de performances, le Raspberry Pi avec un tel SoC est capable de faire tourner différentes distributions Linux en mode graphique, notamment la Debian à la base de beaucoup d'autres. Il est même envisageable de s'en servir pour regarder des vidéos. Son interface HDMI assure une qualité d'image indéniable. Le système Android est lui aussi pris en charge.

FPGA

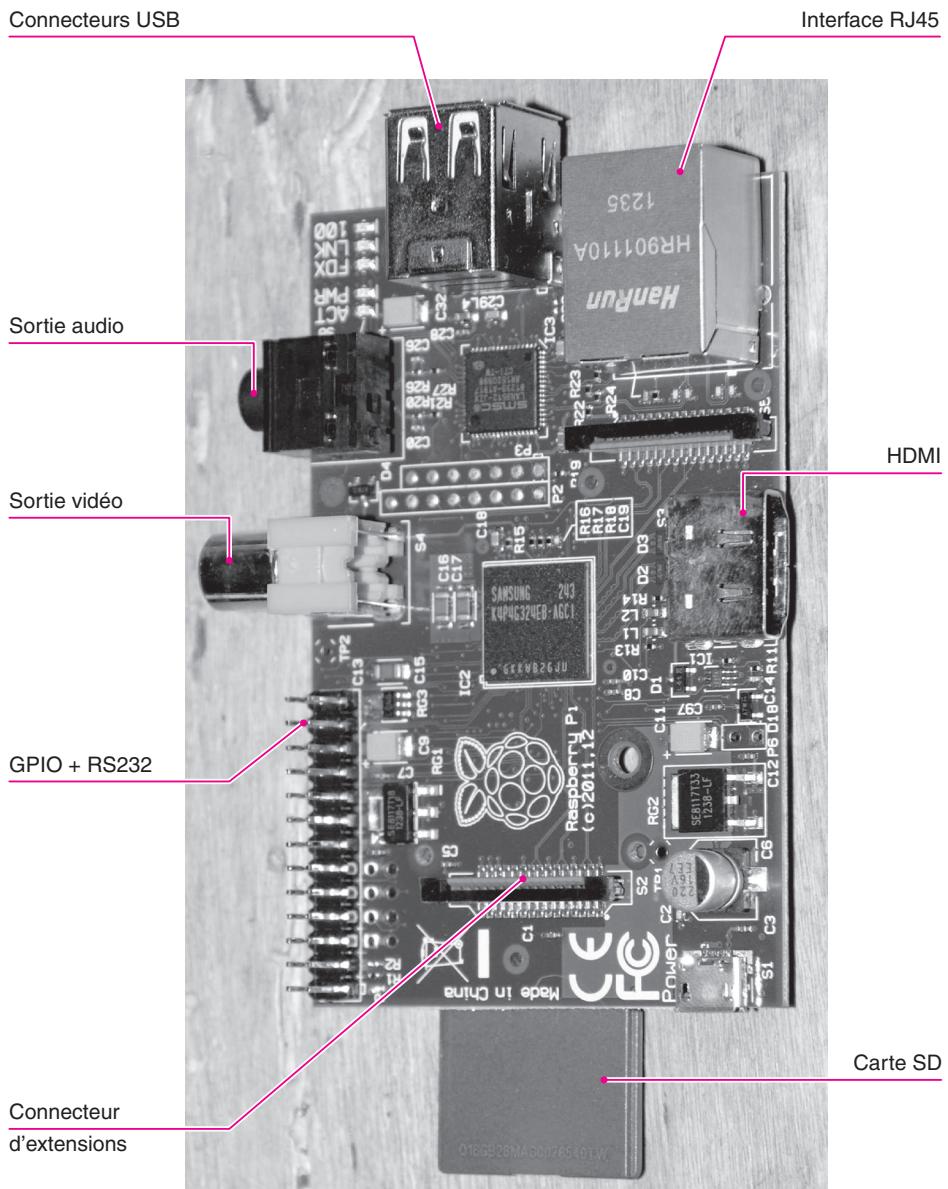


La plupart des SoC reposent sur un FPGA (*Field Programmable Array*) programmé de manière à définir le plus souvent une architecture ARM. Un FPGA est un ensemble conséquent de portes logiques toutes reliées entre elles. Par programmation, les liaisons superflues sont supprimées. Un FPGA peut contenir aussi de la RAM ainsi que de la mémoire FLASH. La programmation s'effectue à l'aide d'un langage de description de matériel tel que VHDL ou VERILOG. Pour des volumes importants, les ASIC remplacent les FPGA en implantant directement le système sans avoir à passer par une phase de programmation.

L'unité centrale

Le BCM2835 dispose de nombreux périphériques internes ainsi que d'un processeur ARM1176JFS-S. Hormis l'interface réseau RJ45, les autres entrées/sorties proviennent du SoC. Des connecteurs permettent l'ajout d'autres modules comme par exemple une caméra miniature de 5 millions de pixels.

Entrées Sorties



1•6•3 Utilisation de la documentation

Un SoC fait appel à une multitude de technologies. La documentation technique sur le cœur ARM du Raspberry Pi contient plus de sept cents pages d'informations. Celle relative aux périphériques prend plus de deux cents pages. Face à une telle densité d'informations, il convient de s'organiser. Le technicien doit s'efforcer de :

- procéder à l'identification des principales ressources documentaires ;
- repérer les documentations essentielles permettant une mise en œuvre rapide de l'ensemble ;
- s'initier au test des parties faisant l'objet de l'étude choisie tout en procédant à des essais ;
- prendre le temps de la réflexion : **réfléchir avant d'agir** ;
- dresser un rapport au cours de son intervention ;
- assurer une veille technologique.

Le site du constructeur du produit permet le plus souvent d'obtenir la documentation utilisateur ainsi que celle dédiée au technicien. Elles peuvent être complétées des ressources complémentaires ayant trait à des parties bien spécifiques tant au niveau matériel que logiciel. Les constructeurs les plus sérieux fournissent les schémas électroniques de leurs équipements. Même lorsque l'on a affaire à un SoC où par définition la majorité des éléments du système sont intégrés dans un seul boîtier, le schéma apporte une aide précieuse : les références des composants portées dessus permettent d'effectuer une recherche sur internet. De cette manière on peut identifier plus facilement le rôle et le principe de fonctionnement de boîtiers plus spécifiques.

Site du constructeur

Le lien suivant regroupe l'essentiel de la documentation sur le Raspberry Pi :
<http://www.raspberrypi.org/technical-help-and-resource-documents>

La mise en œuvre rapide d'un système permet de s'assurer qu'il ne présente pas a priori de panne majeure. C'est une étape essentielle avant de pouvoir procéder à des tests spécifiques. Dans le cadre du Raspberry Pi, la documentation « Quick start guide » accessible à partir du lien mentionné plus haut donne tous les éléments pour obtenir en un minimum de temps un résultat à l'écran.

À présent on peut choisir un thème orienté en fonction de ses besoins. En parcourant la documentation constructeur on accède ainsi à des informations nécessitant plus ou moins de connaissances techniques ou de pratique pour pouvoir être mises en œuvre. Il sera alors nécessaire de passer à une lecture non linéaire de manière à acquérir les prérequis nécessaires à la compréhension. A cette étape, les forums, la recherche d'information par internet et la consultation d'ouvrages peuvent faciliter grandement la tâche. En fonction des ressources dont on dispose et de l'objectif à atteindre, on peut par exemple orienter d'avantage sa quête sous l'angle matériel que sous l'aspect logiciel. Le manuel de formation au Raspberry Pi, accessible gratuitement à partir de la page Web dont l'URL est précisé dans l'encadré ci-dessus, offre l'opportunité de s'initier de façon très didactique à ce type de produit.

Les équipements mettant en œuvre de l'électronique peuvent nécessiter des précautions particulières. Dans le domaine des réseaux, un paramètre réseau mal défini peut facilement engendrer des problèmes d'accès ou de sécurité. Le technicien se doit de réfléchir avant d'agir. L'échange d'expériences n'est qu'un aspect qui se doit d'être précédé par l'acquisition, à titre personnel et de manière régulière, de nouvelles connaissances approfondies.

Veille technologique

Pendant la phase de prise en main mais aussi lors de l'approfondissement, il est indispensable d'annoter ou de prendre des notes et de compléter si nécessaire, les documents employés. Certains constructeurs proposent des procédures de maintenance spécifiques à leurs produits, facilitant ainsi le travail.

La veille technologique consiste à s'informer constamment des nouveaux produits et procédés susceptibles d'alimenter les prochains marchés. L'accès aux documentations constructeur et l'acquisition d'ouvrages techniques de référence constituent des étapes indispensables dans le processus d'acquisition de nouvelles connaissances. Les RFC fournissent de précieuses informations sur les réseaux et les protocoles. Les datasheets et les notes d'application offrent une source inestimable de renseignements pour améliorer ses connaissances.

Quelques sites intéressants permettant de s'informer régulièrement :

<http://www.electroniques.biz/>

<http://www.ietf.org/rfc.html>

<http://fr.mouser.com/>

The screenshot shows the homepage of ElectroniqueS, a portal for electronics and digital technology. At the top, there's a search bar with a magnifying glass icon and an 'OK' button. To its left is a 'CONNEXION' section with fields for 'Identifiant' and 'Mot de passe', and buttons for 'OK', 'SE SOUVENIR DE MOI', and 'AIDE ?'. Below this is a 'CRÉER UN COMPTE' button. The main navigation menu includes 'ACCUEIL', 'ÉCONOMIE', 'TECHNOLOGIE', 'PRODUITS', 'AGENDA', and 'ARCHIVES'. Sub-menus like 'ABONNEMENTS', 'LE CERCLE DE L'ÉLECTRONIQUE', 'ANNUAIRE PROFESSIONNEL', 'FICHES PRODUITS', 'LEXIQUE', 'RESSOURCES', 'ANNONCEURS', and 'CONTACT' are also visible. A banner at the top features the text 'Faites votre choix ! Commandez dès aujourd'hui et choisissez votre produit offert ou une remise*.' and an 'RS' logo. Below the banner, there are two news articles. The first article, titled 'Condensateur Mlcc 330 µF', shows a component image and details about it. The second article, titled 'Analog Devices simplifie la conception des radios logicielles', also shows a component image and describes a new programmable RF solution. On the right side, there's a sidebar for 'SOLUTIONS COMPACTES POUR PETITS DISPOSITIFS' featuring an image of a smartphone-like device with internal components. At the bottom, there's a call-to-action 'TÉLÉCHARGEZ L'APPLI' with an 'E' icon and the text 'L'APPLI ELECTRONIQUES EST DISPONIBLE'.

ElectroniqueS – Le portail de l'électronique et du numérique.

Pour obtenir régulièrement les informations ayant trait à l'électronique et au numérique, on peut aussi s'inscrire aux newsletters. Les newsgroups permettent de discuter avec d'autres internautes s'intéressant à un même sujet.

2 Les systèmes d'exploitation

COORDINATION ENTRE LE MATÉRIEL ET LE LOGICIEL

OS

Un système d'exploitation est comparable à un chef d'orchestre dans le sens où il est chargé d'assurer le bon fonctionnement de l'ensemble. En guise d'instruments on fait référence aux périphériques et les partitions sont remplacées par les programmes. La comparaison s'arrête là car un système d'exploitation permet d'aller plus loin du fait qu'il offre la possibilité de faire tourner plusieurs applications en même temps.

Pour bien se rendre compte du rôle de l'OS (*Operating System* ou en français, système d'exploitation), il suffit de réfléchir un instant sur ce qui se passerait s'il n'existe pas : les traitements de texte ne permettraient l'impression que sur quelques imprimantes du marché ou alors ils contiendraient des quantités effroyables de routines dédiées à la gestion spécifique de chaque imprimante. Les constructeurs d'imprimantes pourraient aussi alors proposer autant de programmes qu'il existe de traitements de texte. Faire tourner deux programmes en même temps deviendrait tout aussi problématique.

Il existe un grand nombre d'OS. Depuis la fin des années 60 jusqu'à maintenant, UNIX et ses versions dérivées comme par exemple Linux ou OpenBSD marquent plus de cinquante ans de continuité dans l'histoire des systèmes d'exploitation. CP/M et DOS dans les années 80 puis la famille Windows ont permis en parallèle à de nombreux utilisateurs de découvrir plus ou moins facilement les évolutions technologiques.

On peut aussi évoquer Android, un système d'exploitation développé par Google et qui repose sur le noyau Linux.

B

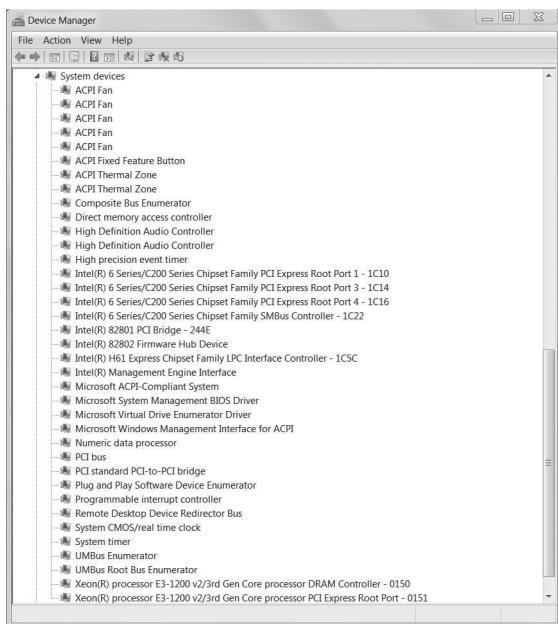
Le traitement de l'information

2.1 Carte-mère et interfaces

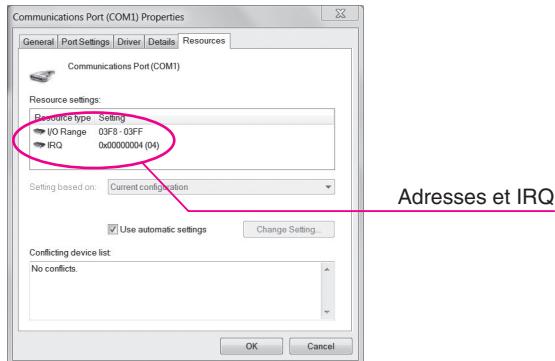
Les systèmes d'exploitation offrent la possibilité d'afficher la liste des périphériques implantés sur la carte-mère. Sous Windows, le gestionnaire de périphériques présent dans le panneau de configuration permet d'obtenir facilement à l'écran les noms des principaux éléments de la carte-mère.

Liste des interfaces

Carte-mère et interfaces



Le système d'exploitation Windows s'appuie sur les paramètres du BIOS qui peuvent être changés à l'aide du programme de *setup* accessible au démarrage de l'ordinateur. La copie d'écran reproduite ci-dessous à partir du gestionnaire de périphériques donne à titre d'exemple les informations principales spécifiques à la configuration du port série.

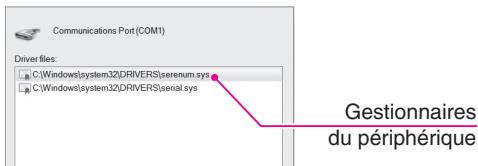


Adresses et IRQ

La plage d'adresses mentionnée ci-dessus correspond à des adresses de périphériques qui sont bien distinctes de celles faisant référence à la RAM et possédant les mêmes valeurs. C'est l'instruction assembleur OUT qui déclenche l'écriture sur un périphérique dont l'adresse est passée en argument.

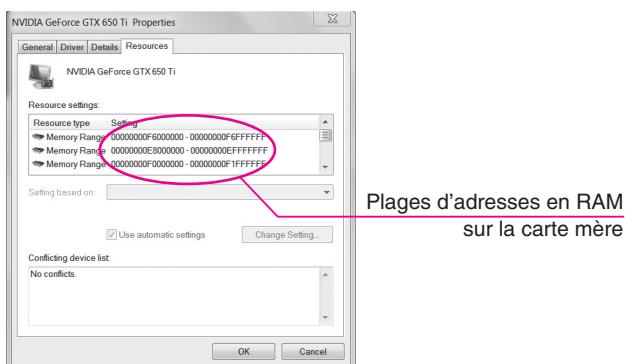
L'IRQ correspond au numéro d'interruption matériel. Cette valeur, mais aussi celle correspondant à la première adresse du périphérique se retrouve dans l'écran de paramétrage du BIOS.

L'onglet « driver » permet d'accéder au nom des fichiers Windows qui assurent la gestion du périphérique.



Gestionnaires du périphérique

Certains périphériques occupent de l'espace dans la mémoire RAM de la carte-mère. C'est le cas par exemple de la carte vidéo. Cette zone mémoire joue un rôle de *buffer* c'est-à-dire qu'elle peut ne représenter qu'une fraction de la mémoire vidéo réelle implantée sur la carte graphique.



Plages d'adresses en RAM sur la carte mère

La carte graphique emploie aussi des adresses de périphériques. De telles adresses occupent une largeur de 16 bits, ce qui signifie qu'elles sont incluses dans un ensemble de valeurs comprises entre 0 et 65535.

PÉRIPHÉRIQUES USB

Les périphériques sur port USB fonctionnent en réseau sur le principe de l'anneau à jeton. Un jeton constitué de données codées selon le format NRZI est envoyé par l'hôte à un périphérique. Si ce paquet ne lui est pas destiné, il le renvoie au prochain périphérique. La séquence continue en boucle (anneau) jusqu'à ce qu'un périphérique l'accepte.

Les adresses des périphériques USB sont codées sur 7 bits, soit 128 périphériques au maximum. L'adresse d'un périphérique USB est accessible à travers le gestionnaire de périphériques via l'onglet « détails » de la fenêtre de propriétés.

L'USB 2.0 atteint des vitesses de transfert de 480 Mbit/s à rapprocher des 12 Mbit/s de l'USB 1.1. Avec l'USB 3.0 on peut obtenir une communication à 4,8 Gbit/s.

Liste des interfaces (suite)

dmesg

LISTE DES PÉRIPHÉRIQUES SOUS LINUX

Sous Linux, les périphériques de stockage USB sont désignés comme des périphériques SCSI (sda, sdb, sdc...).

La commande *dmesg* affiche les informations apparaissant au démarrage du système. On peut ainsi identifier les interfaces reconnues. Avec la commande *lspci* on obtient des informations détaillées sur les périphériques présents sur le bus PCI.

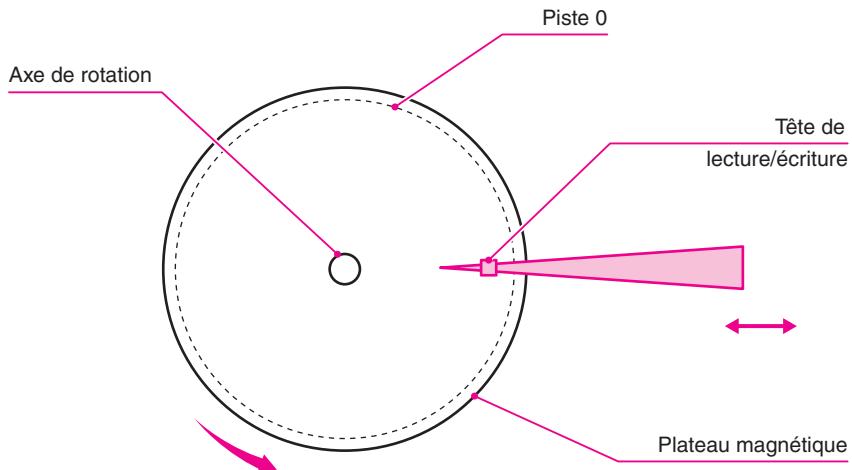
Le répertoire */proc/sys* rapporte différents paramètres du noyau qui peuvent être modifiés de manière à activer ou désactiver certaines fonctionnalités liées aux périphériques.

2•2 Périphériques de stockage

Liste des interfaces

LES DISQUES DURS

Les disques durs sont constitués d'un ou plusieurs plateaux sur lequel se déplace une tête magnétique sur chaque face. Un moteur à courant continu entraîne les plateaux en rotation à une vitesse de 5400 ou 7200 tours. Un moteur pas à pas fait avancer ou reculer piste par piste les têtes de lecture/écriture.



Grâce à l'air engendré par la rotation des plateaux, les têtes de lecture/écriture flottent au-dessus de la surface magnétique. Tout choc mécanique important est susceptible de faire rebondir les têtes sur le plateau ; cela entraîne au passage une rayure et une perte de données.

TECHNOLOGIE DES TÊTES

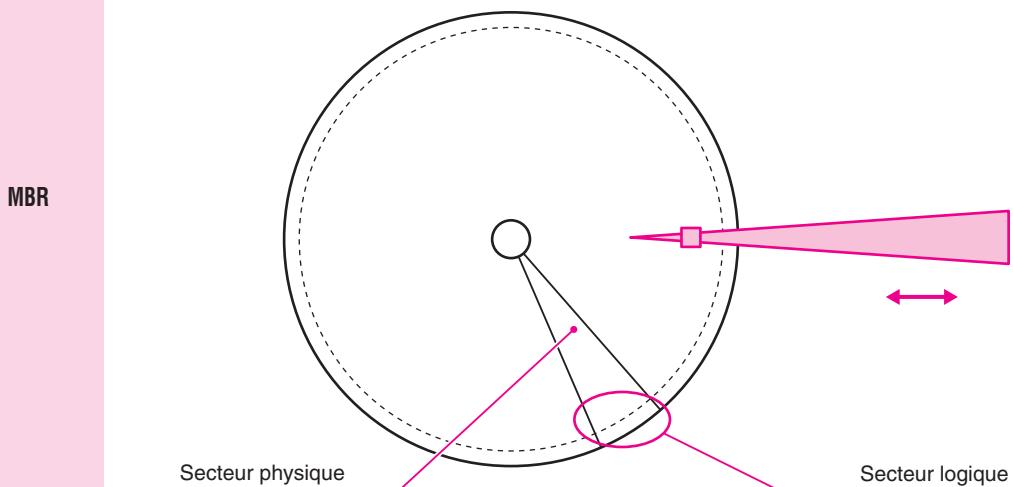
Tête TF : tête à film fin (Thin Film) ou tête inductive. L'énergie magnétique captée par une bobine est convertie en un courant. Depuis 1997 ce principe n'est plus employé en lecture.

Tête MR : lors du passage de la tête sur un champ magnétique, sa « résistance magnétique » change, ce qui se traduit par une modification de la valeur du courant. MR signifie « Magnets-Resistive » que l'on peut traduire par « résistance magnétique ou magnéto-résistance ».

Tête GMR : GMR signifie « Giant Magnets-Resistive » soit une évolution de la technologie des têtes MR.

ORGANISATION DES DONNÉES

Sur un disque dur, les données sont stockées sur des pistes. Une piste est découpée en *clusters* (blocs) assimilables à des regroupements de secteurs contigus.



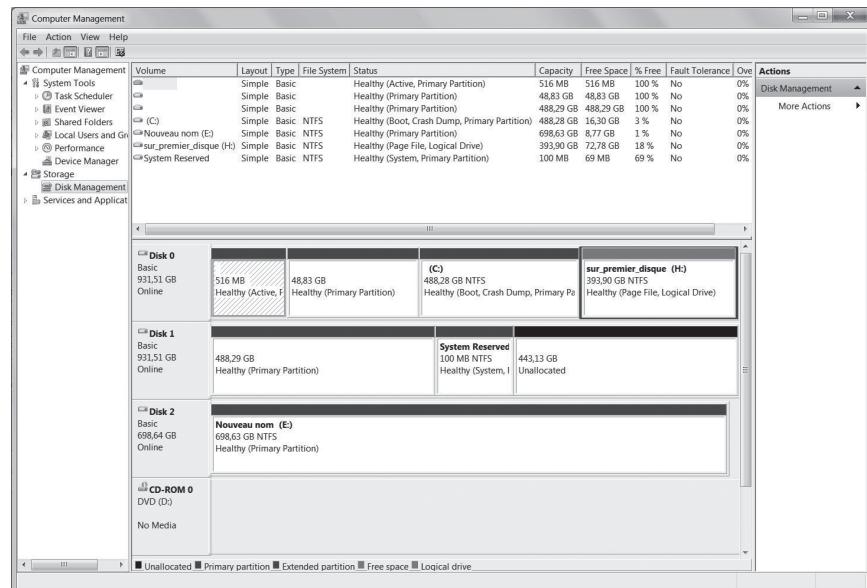
Le premier secteur porte le nom de MBR (*Master boot record*). Lorsque le premier périphérique de démarrage est le disque dur, son MBR est transféré en RAM puis il est exécuté par le microprocesseur. Ce programme charge ensuite le reste du système d'exploitation.

À la fin du MBR se situe la table des partitions. Une partition est une portion du disque dur à laquelle Windows assigne une lettre pour l'identifier. Sous Linux, hda1 ou sda1 signifie première partition du premier disque. On a hdb1 ou sdb1 pour faire référence à la première partition du deuxième disque. Le nom hda2 ou sda2 désigne la deuxième partition du premier disque.

Sur un disque dur, il ne peut y avoir qu'un maximum de quatre partitions principales. On peut aussi créer une partition étendue dans laquelle plusieurs lecteurs logiques pourront être désignés ; dans ce cas il ne pourra y avoir qu'un maximum de trois partitions principales. Au début d'une partition étendue est placé de nouveau le MBR contenant une table des partitions. De cette manière on obtient une table de partitions chaînée.

Un disque dur peut recevoir des partitions de différents systèmes d'exploitation. Sous Windows les partitions NTFS, contrairement à celles au format FAT, offrent la possibilité d'aller au-delà de 4 Go. Une partition NTFS permet aussi le rattachement à un lecteur existant de manière à agrandir sa taille. Sous Linux, il est possible d'accéder aux partitions Windows.

L'outil Windows *compmgmt.msc* permet de représenter graphiquement le découpage des différents disques. Il offre aussi la possibilité de créer facilement de nouvelles partitions ou d'étendre éventuellement celles existantes.



MBR

INTERFACES

Il existe différents types de connexions principales pour relier un disque dur à un ordinateur :

Connexion IDE : IDE (*Integrated Drive Electronics*). Elle répond au standard ATA. Avec son extension ATAPI (*ATA Packet Interface*), la connexion de lecteurs de CD ou de DVD est prise en compte. Ce type de connexion devient obsolète.

Interface SATA : SATA (*Serial Advanced Technology Attachment*) - les données sont transférées en série. Cela se traduit par un câble de données beaucoup moins large que ceux en IDE. En SATA 3 le flux de données atteint 6 Gbit/s. Le SATA Express repose sur le bus PCI-e pour accroître encore cette vitesse.

Liaison USB : ce type de connexion est bien adapté pour relier des unités de stockage externe car, contrairement à l'interface précédente, un seul câble est nécessaire.

Du SCSI au SAS : il permet de chaîner plusieurs disques durs ensemble. S'appuyant sur un bus parallèle, le SCSI souffre par sa limitation au niveau des longueurs de câbles. Pour pallier cet inconvénient, les constructeurs ont mixé les points forts du SCSI et du SATA, donnant ainsi naissance au SAS. Le SAS est compatible avec le SCSI et le SATA.

Pour améliorer la vitesse de transfert des données, certains disques durs atteignent la vitesse de 10 000 tr/min mais en contrepartie le bruit ne devient plus négligeable. Ils sont plutôt disponibles en SCSI ou en SAS. Les disques SSD permettent d'atteindre des records en matière de rapidité mais ils sont chers et offrent un nombre limité de cycles d'écriture.

CD, DVD ET BLU-RAY

Contrairement aux données stockées sur un disque dur, leur organisation sur un support optique se présente sous la forme d'une spirale. Les 0 et les 1 sont codés puis représentés par des cavités ou des états de surface différents.

CD : *Compact Disc* ; disque compact.

DVD : *Digital Versatile Disc*

Blu-ray : disque optique faisant usage d'un faisceau bleu-violet.

Les supports optiques réinscriptibles reposent sur le principe du changement d'état cristallin de la matière. La cristallisation du support change la réflexion du faisceau. Par fusion, la matière retrouve sa surface d'origine permettant ainsi sa réutilisation.

Pour assurer une compatibilité des lecteurs DVD avec les CD, un dispositif à double lentille différencie les gravures à 640 nm dans le rouge visible de celles à 780 nm dans l'infrarouge.

La concentration d'énergie d'une diode laser est si importante qu'il ne faut jamais regarder en face le faisceau visible ou invisible sous peine de destruction immédiate de la rétine.

Les CD et les DVD non réinscriptibles peuvent être enregistrés en plusieurs fois ; toutefois le démarrage d'une nouvelle session entraîne une diminution de l'espace de stockage.

CD-ROM

Capacités

Un CD classique permet l'enregistrement d'environ 650 Mo de données tandis qu'un DVD simple face et simple couche offre un espace de 4,7 Go. Avec un disque blu-ray simple face et double couche on atteint 50 Go.

Structure des données

Le format d'origine des CD repose sur la norme ISO-9660. On peut à présent, au même titre que les DVD, adopter l'UDF (*Universal Disc Format*) comme le proposent les logiciels de gravure. Les spécifications relatives au format UDF sont accessibles à partir du site de l'association de la technologie de sauvegarde optique (www.osta.org).

Qualité de l'enregistrement

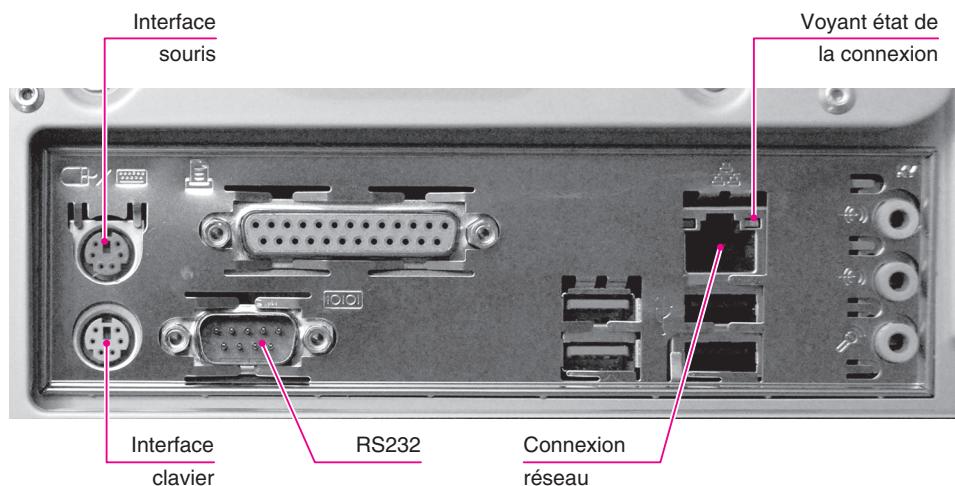
Afin d'assurer la meilleure qualité d'enregistrement possible, les graveurs récents disposent d'un système contrôlant la puissance de la diode laser plus connu sous le nom OPC pour « *Optimum Power Control* » que l'on peut traduire par « contrôle optimal de la puissance ». Afin de préserver les données dans les meilleures conditions, les supports ne devront pas être exposés au soleil ni à la chaleur et à l'humidité.

Zones

De manière à contrôler la sortie des films, ceux sur DVD peuvent être affectés à une zone géographique. L'Europe ainsi que le Japon, l'Afrique du Sud, le Moyen Orient et l'Egypte constituent la zone 2. Un dispositif de protection compare la zone à laquelle est affectée le DVD avec celle du lecteur. Le lecteur se voit le plus souvent rattaché à la zone correspondant à la première utilisation. Certains systèmes permettent le changement de zone mais limitée le plus souvent à cinq fois.

2•3 Communication réseau

Les ordinateurs disposent le plus souvent d'une interface réseau directement implantée sur la carte-mère. Sous Linux, les mémoires tampons de certaines cartes réseau ne sont pas gérées. Dans ce cas il est nécessaire de les désactiver via le BIOS. Lorsque cette option n'est pas proposée, le plus simple consiste à ajouter une carte réseau d'entrée de gamme.



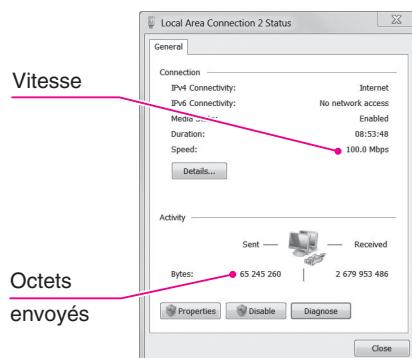
TCP/IP

Les voyants au niveau de l'interface réseau permettent de s'assurer de la présence d'une communication Ethernet (protocole TCP/IP) et d'identifier la vitesse de transfert. L'interface S série RS 232 permet uniquement une liaison point à point.

L'affichage du trafic permet de s'assurer que la communication est bien établie.

À partir du bouton « propriétés », il est possible de procéder au paramétrage des adresses IP, DNS et de la passerelle ainsi que du masque de sous-réseau.

Un bouton de diagnostic permet de procéder aux tests en vue du rétablissement de la connexion.



B

2•4 Graphisme et puissance de calcul

64 CPU

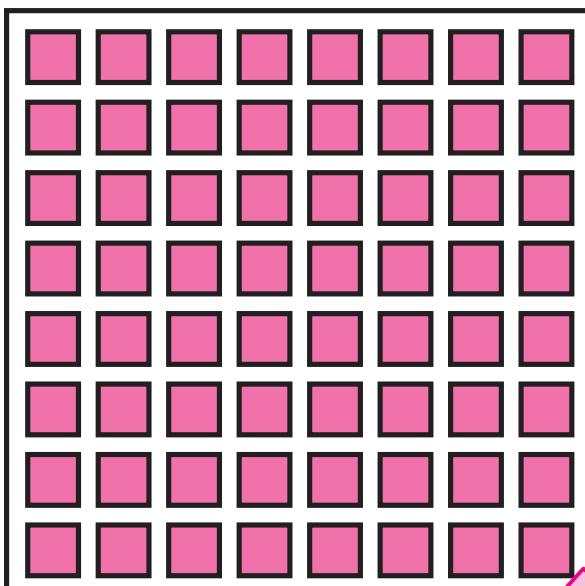
La puissance d'un système informatique est liée à son architecture matérielle. Certaines cartes-mères offrent la possibilité de monter jusqu'à quatre microprocesseurs Intel Xeon tout en permettant d'atteindre une taille de mémoire vive de 1 To. Les supercalculateurs vont encore beaucoup plus loin en faisant un usage intensif de l'utilisation en parallèle d'un grand nombre de microprocesseurs. Le record actuel est de plus de 200 000 cœurs répartis dans des armoires avec une consommation totale de pratiquement 7000 kW.

L'évolution de la puissance des systèmes informatiques passe aussi par celle des microprocesseurs. Au fil du temps le nombre de cœurs dans un même boîtier augmente. Pour accroître encore la puissance de calcul un processeur graphique (GPU) peut être intégré.

L'ajout d'une carte graphique évoluée permet d'améliorer la puissance de traitement. Une carte NVIDIA GeForce GTX 650 Ti comporte par exemple pas moins de 768 cœurs. Chaque cœur peut se substituer au microprocesseur lors d'opérations mathématiques en virgule flottante. En faisant travailler en parallèle ces centaines de cœurs on arrive à une puissance de calcul époustouflante pour une consommation d'un peu plus de 100 W. La plateforme de calcul en parallèle CUDA met à la disposition des développeurs les outils essentiels à la mise en œuvre d'opérations complexes.

64 CŒURS DANS UN MÊME BOÎTIER

La technologie actuelle permet de placer sur une même puce jusqu'à 64 microprocesseurs à architecture RISC, chaque CPU ne consommant que 25 mW. Pour 2018, les gravures dans le silicium devraient atteindre une finesse de 7 nm. On peut s'attendre alors à la mise sur le marché de circuits intégrés intégrant pas moins de 64 000 CPU pour une consommation de 100 W. Pour les systèmes portatifs où l'autonomie demeure un point important, on pourra se contenter de 1000 CPU dans un même boîtier pour une consommation totale de seulement 2 W.



64 CPU RISC
par boîtier
25 mW/CPU

2•5 Systèmes d'impression

Différentes technologies d'impression

Le choix d'un système d'impression repose sur de nombreux critères parmi lesquels on peut citer :

- la qualité désirée ;
- le type de support ;
- la taille ;
- le volume ;
- la vitesse d'impression.

La résolution de l'impression s'exprime en nombre de points par pouce. Elle varie de quelques centaines à plusieurs milliers de dpi (dots per inch). La notion de qualité est intimement liée à l'usage que l'on souhaite faire du document final : une imprimante à jet d'encre se révèlera inappropriée pour l'impression d'enveloppes destinées à un mailing tandis que celles de type laser garantissent une très bonne tenue face aux intempéries. Une solution intermédiaire consiste à faire par exemple usage d'enveloppes à fenêtre.

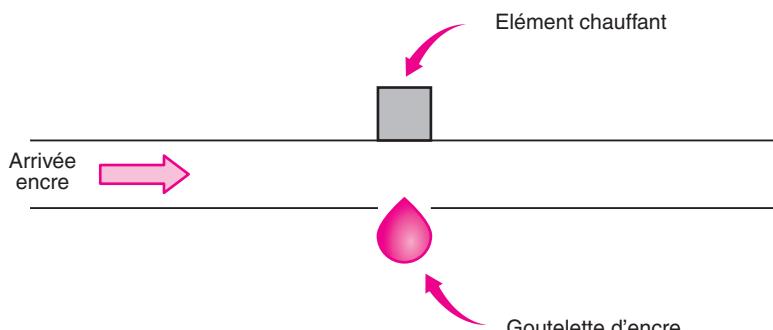
L'impression sur « papier photo » implique l'usage de la technologie à jet d'encre ou celle à sublimation. Cette dernière technologie permet le transfert sur différents supports : l'encre est vaporisée par échauffement.

La taille du document final conditionne le type de système d'impression. Pour des très grandes dimensions, on fera appel à un traceur dont le coût d'acquisition est de plusieurs milliers d'euros. Le système de stylet est abandonné au profit de têtes d'impression similaires à celle des imprimantes à jet d'encre traditionnelles. On peut aussi opter pour un système intermédiaire en se tournant vers une imprimante A3.

La plupart des imprimantes sont dédiées à l'impression en faible volume. Pour des quantités de plusieurs milliers de pages par mois le photocopieur en réseau équipe de nombreuses entreprises. Lorsque les volumes deviennent encore plus importants, le recours à un système de presse numérique ou de presse offset, notamment via un imprimeur, doit être envisagé. Les presses numériques reposent sur le même principe que les imprimantes laser mais leur mécanisme conduit à une cadence d'impression beaucoup plus importante.

IMPRESSION À JET D'ENCRE

Elle repose sur la projection d'encre par son échauffement à une température de 350 °C. L'encre s'échappe de la buse par dilatation et vaporisation sous la forme d'une bulle.



Certaines imprimantes font appel à la technologie piézo-électrique en remplacement de l'élément chauffant : sous l'effet d'une impulsion électrique, le conduit d'encre reçoit une pression mécanique conduisant à l'échappement d'une goutte d'encre. La technologie piézo-électrique est très employée dans le positionnement ou le déplacement de pièces mécaniques demandant une très grande précision.

IMPRESSION LASER

L'imprimante laser est une évolution du principe d'impression des photocopieurs. Ce qui la différencie, c'est que l'image n'est pas la projection optique d'un document mais qu'elle est générée point par point par un faisceau laser.

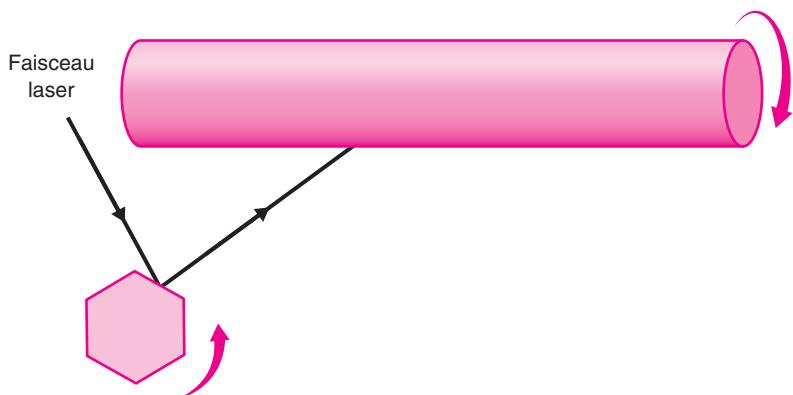
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Un fil conducteur très fin traversé par un courant crée un champ électrique important ionisant l'air environnant. Il se produit alors un transfert de charges électriques sur un tambour en rotation : le tambour est chargé de manière uniforme d'électricité statique. Ce filament associé à son support se présentant sous la forme d'une réglette porte le nom de corona.

Corona

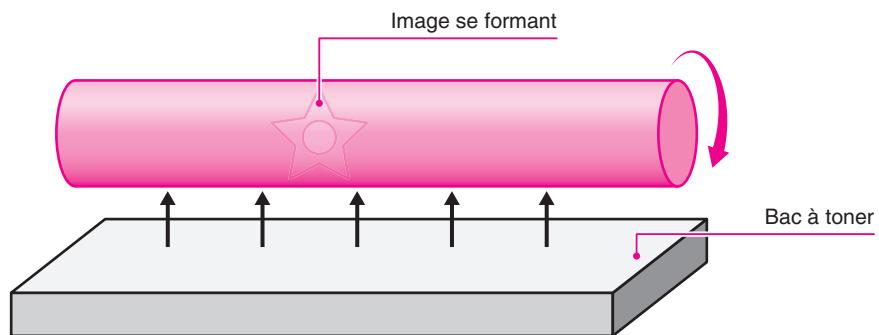


Une fois le film chargé d'électricité statique, il reçoit un faisceau laser se déplaçant horizontalement grâce à un miroir placé sur un moteur sans couple aux endroits qui ne doivent pas recevoir d'encre.

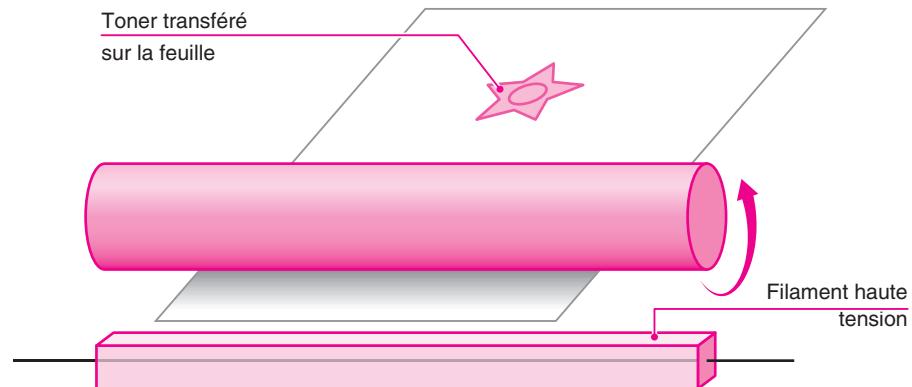


Le film électrostatique passe ensuite devant un bain d'encre en poudre très fine appelée toner. L'image se forme sur le film électrostatique. Le boîtier contenant ce film porte le nom « d'OPC cartridge » ou cartouche à polymère organique.

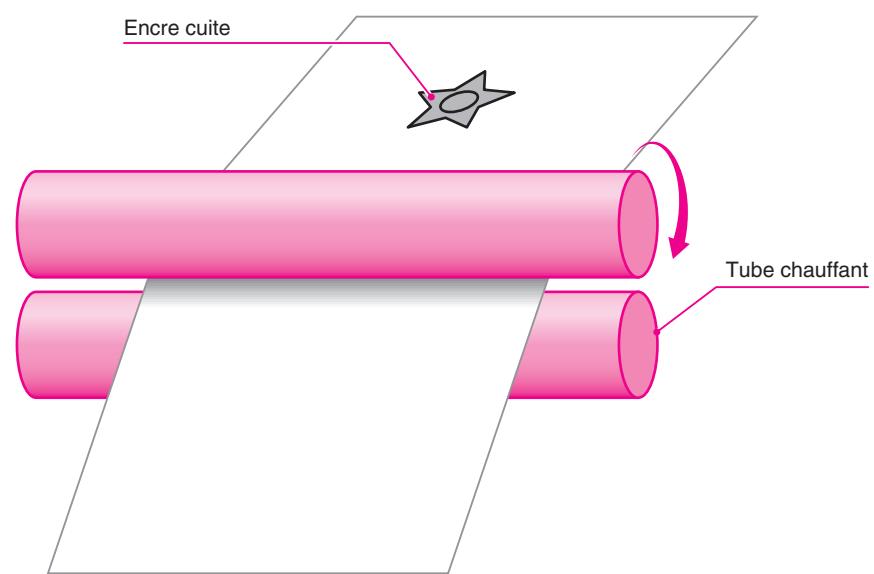
Cette étape s'appelle phase de développement et l'on peut voir l'image apparaître sur le film électrostatique.



À présent il est nécessaire de reporter l'image sur une feuille. Pour cela on place en dessous d'une feuille un filament alimenté par une haute tension. Le défilement de la feuille en dessous du film électrostatique en rotation provoque alors le report du toner sur le papier. En effet le toner tenant par l'électricité statique du film se voit attiré par le champ électrique generado par le filament.



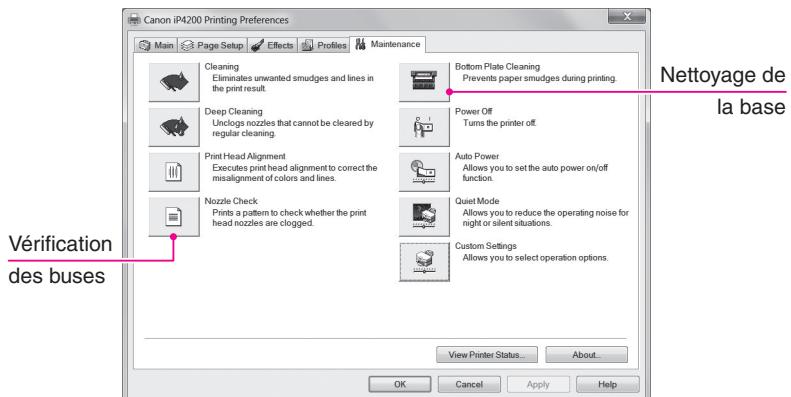
Au final le toner est cuit sur la feuille via un tube chauffant et un cylindre d'entraînement. Cet ensemble constitue le four.



Installation d'imprimantes

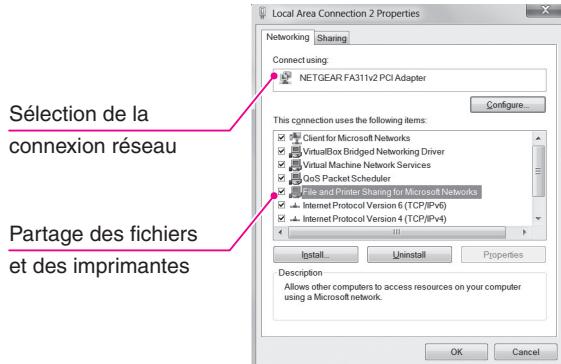
CONFIGURATION

Les imprimantes sont paramétrables à partir du système d'exploitation. Pour une imprimante Canon, on peut choisir par exemple d'imprimer en niveaux de gris, en recto/verso ainsi qu'intervenir sur le temps de séchage. Le choix de la qualité intervient non seulement sur la quantité d'encre à fournir mais aussi sur la vitesse d'impression. Le nettoyage et l'alignement des têtes s'effectuent à l'aide des outils logiciels fournis par le fabricant.



PARTAGE D'IMPRIMANTES

Afin de faire bénéficier plusieurs utilisateurs d'une même imprimante, Windows propose son partage en réseau. On veillera à s'assurer que la case à cocher relative au partage de fichiers et d'imprimantes est bien cochée.



2•6 Administration de base

NOTION DE DROITS

Les systèmes d'exploitation actuels sont tous multi-utilisateurs et permettent de travailler en réseau. Cela signifie que l'utilisateur doit s'identifier et qu'en fonction des permissions qui lui sont accordées, il bénéficie de différentes ressources et de droits d'accès.

Le « login » ou « identifiant de connexion » correspond au nom de l'utilisateur ou à un pseudo défini par l'administrateur. De manière à éviter qu'une autre personne accède à la place d'une autre, un mot de passe est associé.

Sous Windows, l'ajout et la modification d'un profil utilisateur s'effectuent facilement à l'aide du panneau de configuration. Il est aussi possible de faire appel au mode commande et d'employer la commande **NET USER**.

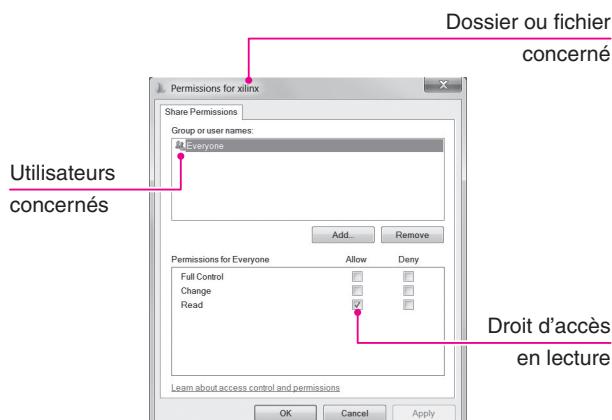
Un véritable administrateur privilégiera le mode commande. Sous Linux, les commandes **useradd** et **adduser** ainsi que les fichiers **/etc/passwd** et **/etc/group** permettent d'ajouter autant d'utilisateurs qu'on le souhaite tout en offrant des possibilités supplémentaires comme par exemple le choix de l'interpréteur de commande. Le mode commande permet l'écriture de scripts.

Script : séquence de commandes au sein d'un fichier en mode texte qui peut être lancé à partir de l'invite de commande ou d'un autre script ou programme.

Identifiant

À la différence de Windows, Linux est réellement multisession : on peut disposer en même temps de plusieurs sessions ; le passage d'une session à l'autre s'effectue instantanément aussi bien à partir du même poste que d'un terminal distant.

Chaque utilisateur possède des droits sur les fichiers et les dossiers. Le propriétaire d'un fichier se voit le plus souvent affecté de droits en lecture et en écriture. Les autres utilisateurs n'ont bien souvent aucune possibilité de le modifier même si des droits en lecture peuvent leur être accordés.



B

RéPLICATION DES DONNÉES

Il existe deux catégories d'utilisateurs : les administrateurs et les autres utilisateurs. Sous Windows n'importe quelle personne peut être désignée comme administrateur. Sous Linux on appelle administrateur l'utilisateur « root » mais il est possible de donner les mêmes droits à d'autres utilisateurs.

NOTION DE GROUPES

Bien souvent, plusieurs personnes possèdent des droits communs sur certains fichiers et répertoires en appartenant au même groupe de travail. L'administrateur peut créer autant de groupes qu'il le souhaite et rattacher les utilisateurs de son choix. Des droits en lecture, en écriture ainsi que sur la possibilité de rendre exécutable un fichier sont affectés aux différents groupes.

MODIFICATION DES DROITS

Sous Linux, la commande **chmod** permet de changer les droits de lecture, d'écriture et d'exécution d'un fichier ou d'un dossier relatifs à l'administrateur ou au groupe rattaché ou aux autres personnes.

```
Desktop kernel Musique texmf Vidéos
ubuntu@ubtux:~$ ls /home/vincent -al
total 412
drwxr-xr-x 49 vincent vincent 4096 déc. 14 17:09 .
drwxr-xr-x  3 root   root   4096 sept. 24 14:59 ..
drwxr-xr-x  3 vincent vincent 4096 juin  23 17:43 .adres
-rw-r--r--  1 vincent vincent 229 déc.  9 14:51 .bash_history
drwxr-xr-x  1 vincent vincent 229 déc.  9 14:51 .bash_logout
-rw-r--r--  1 vincent vincent 3392 mai  28 2013 .bashrc
drwxr-xr-x  3 vincent vincent 4096 juin 21 21:24 .blender
drwxr-xr-x  3 vincent vincent 4096 sept. 29 11:57 Bureau
drwxr-xr-x 33 vincent vincent 4096 déc. 14 17:09 .cache
drwxr-xr-x 25 vincent vincent 4096 sept. 27 15:41 .config
drwxr-xr-x  9 vincent vincent 4096 oct.  6 16:07 .cups
```

Droits affectés

MONTAGE DE PARTITIONS

L'administrateur peut être amené à « monter » des périphériques. Cela consiste à associer un chemin appelé « point de montage » à une unité de stockage. Au final le périphérique est vu au niveau de l'utilisateur comme un simple dossier.

Exemple :

```
mount -t ext2 /dev/sda1 /mnt/documents
```

L'exemple ci-dessus affecte à la première partition du premier disque le chemin */mnt/documents*

La commande suivante déchargera l'affectation de chemin effectuée précédemment :

```
umount /mnt/documents
```

SAUVEGARDE DES DONNÉES

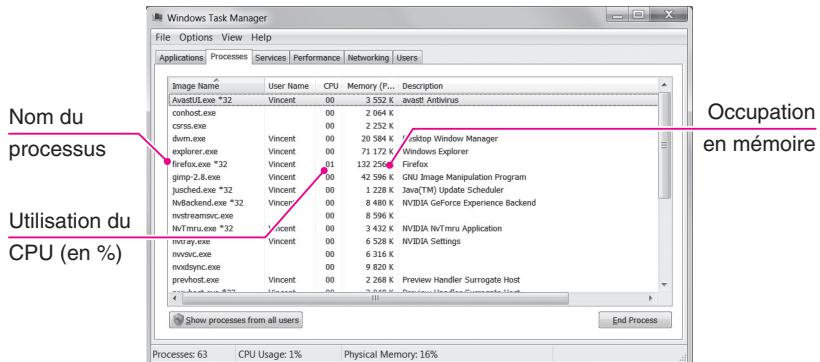
Une copie des données peut être effectuée de manière totalement transparente : le RAID 1 consiste à faire un miroir des données sur un ou plusieurs autres disques. Le système d'exploitation considère l'ensemble des disques comme une seule entité. Le RAID logiciel affiche des performances intéressantes avec une machine puissante ; toutefois il ne comporte pas de tests du matériel aussi performants que ceux intégrés sur les cartes contrôleur RAID.

Pour la sauvegarde de données l'administrateur dispose d'un certain nombre de commandes Linux comme par exemple **dd**, **tar**, ou **cpio**.

GESTION DES PROCESSUS

En informatique, le terme processus correspond à un programme en cours d'exécution situé en mémoire, auquel est associé l'état du microprocesseur.

Sous Windows, la combinaison de touches « Ctrl + Alt + Suppr » permet de faire apparaître le gestionnaire des tâches : un clic sur l'onglet « processus » permet de les afficher à l'écran.



PID

Sous Linux on peut obtenir un résultat comparable à l'aide de la commande `ps`.

Exemple :

PID	TTY	TIME	CMD
1 ?		00:00:00	init
2 ?		00:00:00	readdd
3 ?		00:00:00	ksoftirqd/0
5 ?		00:00:00	kworker/u:0
6 ?		00:00:00	kworker/u:0H
7 ?		00:00:00	kworker/r1:0H
8 ?		00:00:00	migration/0
9 ?		00:00:00	rcu_sched
10 ?		00:00:00	watchdog/0
11 ?		00:00:00	watchdog/0
12 ?		00:00:00	watchdog/1
13 ?		00:00:00	migration/1
14 ?		00:00:00	ksoftirqd/1
15 ?		00:00:00	kworker/u:1
16 ?		00:00:00	kworker/r1:0H
17 ?		00:00:00	watchdog/2
18 ?		00:00:00	migration/2
19 ?		00:00:00	ksoftirqd/2
21 ?		00:00:00	kworker/r2:0H

Lorsqu'un programme consomme beaucoup trop de ressources ou perturbe le bon fonctionnement de l'ensemble, l'administrateur peut songer à l'arrêter.

3 Les langages de programmation

Sémantique

Les systèmes de télécommunications et réseaux reposent sur des dispositifs mettant en œuvre aussi bien du matériel que du logiciel. L'évolution rapide des technologies associées aux microprocesseurs face à celles du développement logiciel entraîne une obsolescence des composants électroniques dès leur sortie : les applications se trouvent prêtes à faire usage de ces nouvelles fonctionnalités matérielles à partir de la prochaine génération de processeurs.

Les systèmes d'exploitation intègrent différents outils permettant d'identifier les caractéristiques essentielles de son environnement informatique. Dans une certaine mesure ils peuvent faciliter la détection puis la correction d'éventuelles anomalies. Pour une approche avec un niveau de granularité plus fin ou pour l'automatisation de tâches, la programmation apporte une aide précieuse.

Un langage de programmation comprend une syntaxe et une sémantique.

La syntaxe peut être très rigoureuse en faisant par exemple la différence entre les minuscules et les majuscules. On dit alors que le langage de programmation est sensible à la casse.

La sémantique consiste à donner un sens à un mot ou à un caractère. La signification peut différer en fonction de la position du mot ou du caractère dans la ligne de code. Par exemple dans de nombreux langages, toute suite de caractères après un point-virgule est vue comme un simple commentaire.

3•1 Les langages interprétés et compilés

CLASSIFICATION DES LANGAGES

POO

Les langages interprétés, ou langages de scripts : l'exécution du code s'effectue ligne par ligne. Si une erreur est détectée en cours de route le programme s'arrête. Cette catégorie de langages est particulièrement intéressante pour le débutant car il n'a pas besoin que toutes ses lignes de code soient valides pour obtenir un minimum de résultat en sortie. On peut toutefois regretter le manque de rapidité à l'exécution même si la vitesse actuelle des machines compense cet aspect pour la plupart des applications.

Langages compilés : chaque ligne de code est vérifiée au niveau de sa syntaxe. Si le listing comporte une seule erreur de syntaxe la compilation s'arrête et aucune partie de code n'est exécutée. La phase de compilation peut être particulièrement longue mais une fois cette étape effectuée correctement, le compilateur effectue un deuxième passage pour le traduire en langage machine. Lors du lancement de l'exécutable, il n'y a plus de perte de temps liée à la compilation et le programme s'exécute alors très rapidement.

Il existe une autre manière de classifier les langages. Un langage proche du langage machine est appelé **langage de bas niveau**. À l'opposé, un langage de programmation proche de notre langage appartient à la catégorie des **langages de haut niveau**.

Certains langages sont particulièrement bien adaptés pour de la programmation orientée objets tandis que d'autres visent une approche procédurale. La programmation orientée objet est particulièrement bien adaptée pour la gestion d'événements tandis que la programmation procédurale suit plus un déroulement linéaire des lignes de code. La POO (Programmation Orientée Objet) se distingue par le haut niveau de réutilisabilité qu'elle procure.

3•2 Les scripts

Un script est un fichier source directement modifiable à l'aide d'un simple éditeur de texte et contenant une suite d'instructions. Au lieu de saisir à chaque fois une série de commandes, on peut les rassembler dans un même listing puis les appeler à l'aide du nom du fichier dans lequel elles sont stockées.

Windows permet de créer des scripts DOS et PowerShell tandis que Linux offre des possibilités importantes avec ses commandes issues du Korn shell, du Bourne Shell ou de Bash (Bourne again shell). On regrettera toutefois la lenteur d'exécution.

Le Web fait aussi usage de scripts avec des langages de programmation tels que JavaScript et HTML.

S'INITIER À LA PROGRAMMATION

Parmi tous les langages informatiques présents on peut se demander lequel est le plus approprié pour débuter. Pendant très longtemps le langage BASIC et ses dérivés ont remporté un franc succès mais ils sont à présent détrônés par le langage Python. Aussi simple que le langage Basic, ce dernier se différencie par ses possibilités étendues qui permettent de passer de la programmation procédurale à la programmation orientée objets sans avoir à changer de langage. Python dispose d'une grande bibliothèque de fonctions facilitant ainsi la construction de programmes avancés.

L'exemple suivant donne un aperçu de la structure d'un programme en Python. Les numéros de lignes ne sont pas à saisir mais facilitent le repérage des lignes de code.

Python

```

1 my_file = 'texte.txt'
2 file = open(my_file,'r',1)
3 line = file.readlines()
4 vocabulaire=[]; voc=[]
5 for ligne in line[:]:
6   voc = ligne.split()
7   vocabulaire += voc
8 file.close()
9 vocabulaire.sort(key=str.lower)
10 mot_precedent =
11 n = 0
12 for mot in vocabulaire:
13   if (mot.lower() != mot_precedent.lower()):
14     print mot.lower(), vocabulaire.count(vocabulaire[n])
15   mot_precedent = mot
16 n += 1;
```

Les lignes 1 et 2 permettent l'ouverture en lecture du fichier 'texte.txt'. La ligne 3 place le contenu de ce dernier dans la variable 'line' puis à travers la boucle constituée par les lignes 5 à 7, tous les mots sont placés dans un tableau nommé 'vocabulaire'. Par la ligne 8, la fermeture du fichier est effectuée. En ligne 9 est effectué un tri alphanumérique. Au travers de la boucle commençant en ligne 12, le nombre d'occurrences est calculé. La ligne 14 affichant chacun des mots accompagnés du nombre d'occurrences rencontrées dans le texte.

De nombreuses applications comme par exemple le modeleur 3D Blender ou le logiciel de retouche d'images Gimp permettent de créer des scripts en Python pour l'automatisation de tâches. La page située à l'adresse URL « http://www.presentiel.com/python/python_et_les_applications.html » dresse une liste des principaux logiciels avec lesquels il est possible de goûter à ce langage.

C, C++, Java

QUELQUES LANGAGES COMPILEÉS

Beaucoup de langages reposent sur la syntaxe du C. Avec l'assembleur, le langage C reste l'un des plus prisés par les électroniciens. Il permet de créer des programmes assez rapides qui occupent peu de place en mémoire. Le C++, bien que très proche par sa syntaxe du langage C, se différencie complètement de ce dernier par son orientation objet ; il implique un investissement important dans la modélisation d'un projet et dans l'acquisition de nouveaux concepts clefs. On réservera l'apprentissage du C++ à ceux ayant déjà de bonnes connaissances dans un autre langage que l'assembleur et désirant s'investir sérieusement vers les métiers de la programmation. Il en va de même du langage Java qui reste toutefois un peu plus accessible dans une phase de premier contact mais qui pêche par sa lenteur lorsque le nombre de calculs commence à devenir un peu important.

3•3 Exécution locale ou distante

Langages
du Web

Depuis l'arrivée du Web, les sites et les applications en ligne font aussi bien usage de la puissance de nos ordinateurs que de celle des serveurs.

Les pages Web sont construites en HTML. Elles s'exécutent en local dans votre navigateur. Sous Firefox, l'affichage du code source s'effectue en appuyant sur « Ctrl + U » ou en pressant la touche « F12 ». Elles peuvent contenir du code CSS qui permet de mettre en forme la page en appliquant un style. Associé à du JavaScript (qui n'a rien à voir avec le langage Java), le CSS devient un élément moteur dans la création de menus déroulants et dans bien d'autres types d'animations. CSS et JavaScript s'exécutent en local.

Le JavaScript permet par exemple de vérifier en local qu'une adresse de courrier électronique est correctement saisie dans un formulaire. Pour le traitement de certaines données il peut être nécessaire de ne pas avoir accès au code source : une utilisation à distance sur un serveur permet de parvenir à un tel résultat.

À l'aide de balises, du code en langage PHP peut être inséré dans une page Web. Le serveur retourne les éléments HTML au navigateur en ayant pris le soin au préalable de remplacer le source du code PHP par son résultat fourni par le serveur : la section PHP est exécutée sur le serveur.

On peut aussi envisager l'utilisation des langages Perl et Python sur les serveurs en indiquant au préalable le nom des extensions des fichiers sources puis en activant l'option CGI. Les lignes de codes suivantes placées dans le fichier .htaccess du dossier concerné permettront de lancer ses scripts dont les résultats seront retournés vers le navigateur ayant fait la requête.

Exemple de contenu du fichier .htaccess :

```
AddHandler cgi-script.py Extension  
AddHandler cgi-script.pl Extension  
Options +ExecCGI
```

The diagram illustrates the configuration of the .htaccess file. It shows three entries: 'AddHandler cgi-script.py', 'AddHandler cgi-script.pl', and 'Options +ExecCGI'. Red arrows point from each entry to its corresponding extension or option name. One arrow points from 'cgi-script.py' to 'Python', another from 'cgi-script.pl' to 'Perl', and a third from '+ExecCGI' to both 'Python' and 'Perl'.

L'indentation des lignes de code améliore la lisibilité des programmes tout en facilitant leur débogage :

```
function color_over(n)
{
var menu = «menu»
menu = menu + n;
var element = document.getElementById(menu);
element.style.color=«white»;
}

function color_out(n)
{
var menu = «menu»
menu = menu + n;
var element = document.getElementById(menu);
element.style.color=«#fbca2f»;
```

Code non indenté

```
function color_over(n)
{
    var menu = «menu»
    menu = menu + n;
    var element = document.getElementById(menu);
    element.style.color=«white»;
}

function color_out(n)
{
    var menu = «menu»
    menu = menu + n;
    var element = document.getElementById(menu);
    element.style.color=«#fbca2f»;
}
```

Code indenté

Indentation

De nombreux sites Web font appel à une base de données. Les requêtes sont généralement écrites en SQL et mises en œuvre via des fonctions Php.

Dans la boîte à outils de l'administrateur, les commandes grep et sed ainsi que le langage Awk offrent des possibilités très intéressantes pour le traitement des tables comme par exemple les fichiers de logs.

L'utilisation d'expressions régulières que l'on peut assimiler à des motifs permet à Awk d'effectuer des filtrages en une seule ligne de code.

Exemple :

```
awk -F";" '/192.168.0.21/{print}' connexions.logs
```

Expression régulière

Séparateur de champ

Fichier concerné

4 Encodage des données

Les systèmes numériques travaillent avec des signaux binaires. Lorsque ces informations doivent changer de médium ou lorsque la distance, la qualité du transfert ou la bande passante sont des éléments préoccupants, il peut être nécessaire de les filtrer, de les amplifier ou de les encoder.

En fonction de la nature des données, l'encodage peut comporter une phase de compression.

4.1 Compression avec et sans perte

COMPRESSION SANS PERTE :

La compression sans perte conserve l'intégralité de l'information. Elle est principalement utilisée pour les applications qui ne peuvent pas tolérer la moindre altération.

Les principaux formats de compression sont identifiables par leurs extensions : .zip ; .rar ; .ace ; .cab ; .tgz.

Le taux de compression se calcule à l'aide de l'égalité suivante :

$$\text{Taux de compression} = \frac{\text{taille du fichier original} - \text{taille du fichier compressé}}{\text{taille du fichier original}} \times 100$$

Plus l'algorithme de compression est évolué, et plus il faudra de temps pour compresser des données. Pour les très gros fichiers ou dossiers, en choisissant un taux de compression plus faible, on peut obtenir un gain de temps appréciable.

Le format tar se résume à la concaténation de fichiers ; toutefois il est possible de les sauvegarder de façon compressée : on utilise alors de préférence l'extension .tar.gz ou .tgz.

Zip et jpg

Le document RFC 1951 décrit l'algorithme de compression DEFLATE mis en œuvre au sein de fichiers .zip.

COMPRESSION AVEC PERTE :

Ce type de compression permet d'obtenir des taux de compression importants mais avec des **pertes de données**.

En acceptant une légère dégradation des données on peut obtenir des taux de compression élevés. Paradoxalement, une légère détérioration d'une image peut engendrer une meilleure qualité dans la perception de certaines photographies ; la compression d'une image avec perte va par exemple atténuer les grains de poussière ou les défauts d'aspérité.

La norme JPEG permet de compresser une image de type bitmap qui se différencie de la représentation vectorielle. Les formats d'images GIF et PNG font aussi appel à la compression des données.

On utilise aussi la compression avec perte pour les fichiers audio (fichiers avec l'extension .mp3, .ogg et .mp3pro par exemple).

La compression améliore les performances de transmission.

Encodage des données

4•2 Encodage audio et vidéo

En l'espace de quelques années le paysage audiovisuel français s'est transformé avec l'arrivée du numérique : de 6 chaînes à plus de 17 sur la TNT, dont certaines en haute définition, le téléspectateur dispose d'une large grille de programmes. La diffusion par satellite et par Internet complète l'offre en faisant appel à des systèmes d'encodage très sophistiqués.

Les flux audio et vidéo sont encapsulés puis multiplexés de manière à limiter le nombre de canaux hertziens. En 2015 est prévu pour la France le passage à la DVB-T2 entraînant au passage le changement de l'ensemble des décodeurs.

4•2•1 La norme DVB-T

La norme DVB-T (*Digital Video Broadcasting - Terrestrial*) précise le mode de diffusion hertzienne utilisé par la télévision numérique terrestre (TNT).

Plusieurs chaînes de TV sont multiplexées sur un même canal d'une largeur de 8 MHz. Le multiplexage s'effectue aussi au niveau des signaux audio, vidéo, et des données de chaque chaîne. Le multiplexage assure aussi le transfert d'informations permettant d'assurer une synchronisation à la réception : une empreinte de l'heure est transmise dans les paquets.

Les signaux audio et vidéo sont encodés suivant les formats normalisés H.262 ou H.264 pour la HD avant d'être découpés en paquets.

Avec une transmission susceptible de recevoir des perturbations importantes, des données complémentaires sont ajoutées pour faciliter le transport : les paquets ne constituent plus seulement un flux audio ou vidéo mais un flux de transport ou en anglais « *Transport Stream* ». On retrouve une trace de ce nom avec l'extension .ts sur les fichiers d'enregistrement issus de certains décodeurs TNT. Les paquets « *Transport Stream* » répondent au standard MPEG-2 et occupent une taille de 188 octets.

TNT

Entre deux zones de réception TNT voisines, l'utilisation des mêmes fréquences permet d'améliorer la réception. Le léger décalage dans le temps de la réception des paquets provenant des deux émetteurs distincts permet de sélectionner le signal présentant la meilleure qualité.

Une chaîne de la TNT peut transmettre deux flux audio/vidéo simultanément. L'un est prioritaire avec un débit moindre que le second. En cas de réception difficile, seules les données du premier seront utilisées. Dans le cas contraire, le second servira généralement à améliorer la qualité audiovisuelle. En décodant constamment les signaux, le système ne peut pas se payer le luxe de passer d'un mode à l'autre lorsque par exemple la réception se dégrade : cela se traduit par une image figée pendant une demi-seconde et une absence de son pendant environ 0,2 s, le temps que le système se resynchronise.

Pour assurer la meilleure répartition d'énergie du signal, les données qui suivent l'octet de synchronisation d'un paquet « *Transport Stream* » sont codées.

LDTV : Limited Definition TeleVision

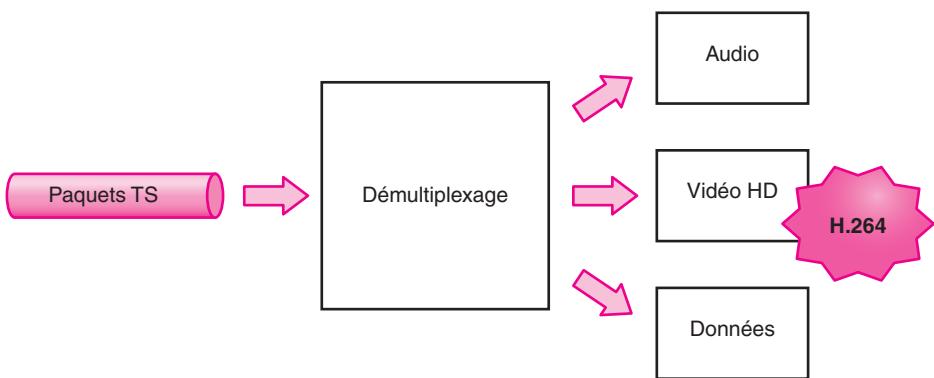
SDTV : Standard Definition TeleVision

EDTV : Enhanced Definition TeleVision

HDTV : High Definition TeleVision

4•2•2 L'encodage en H.264

Afin de préserver la bande passante de la TNT ou d'Internet tout en assurant une diffusion fluide d'un flux vidéo, il est nécessaire de procéder à la compression des données. La norme H.262 décrit la méthode à adopter pour compresser une séquence d'images en mouvement. L'encodage en H.264 va plus loin dans le sens où il s'adresse à la HD avec des algorithmes de compression plus avancés.



Une image est constituée de deux informations importantes :

- la luminance ;
- la chrominance.

H.264

Un film en noir et blanc ne comporte pas de chrominance. En diminuant de moitié le nombre de bits pour coder la chrominance on obtient un film moins soutenu en couleurs mais présentant une taille plus réduite.

Dans le cas d'une image RVB, chaque composante est assimilée à une image en noir et blanc. Des zones peuvent être assimilées comme des portions d'images tandis que d'autres seront décrites comme des séquences de blocs et de macro-blocs s'adaptant pour reconstituer l'affichage.

Pour réduire la taille de stockage des images, la norme H.264 applique une transformation discrète en cosinus (DCT) sur des blocs pouvant atteindre 32 x 32 pixels. La DCT est un outil mathématique employé dans la compression des images JPEG qui exploite les défauts de la perception rétinienne.

Dans une séquence vidéo, différents blocs peuvent revenir régulièrement. Le codage de la vidéo peut alors s'effectuer de manière prédictive suivant huit directions différentes. La norme H.264 évalue et compense les mouvements, notamment en faisant appel à des images de référence.

Par rapport au MPEG2, avec la norme H.264 on peut atteindre 60 % de débit en moins pour une même qualité vidéo. Le format H.264 ne comporte que deux couches : l'une est dédiée à la vidéo tandis que l'autre permet son intégration dans les systèmes réseau.

4•2•3 La modulation COFDM

Le COFDM est un système de codage à plusieurs porteuses faisant appel à une modulation de phase et d'amplitude avec une correction des erreurs engendrées par la superposition partielle des fréquences.

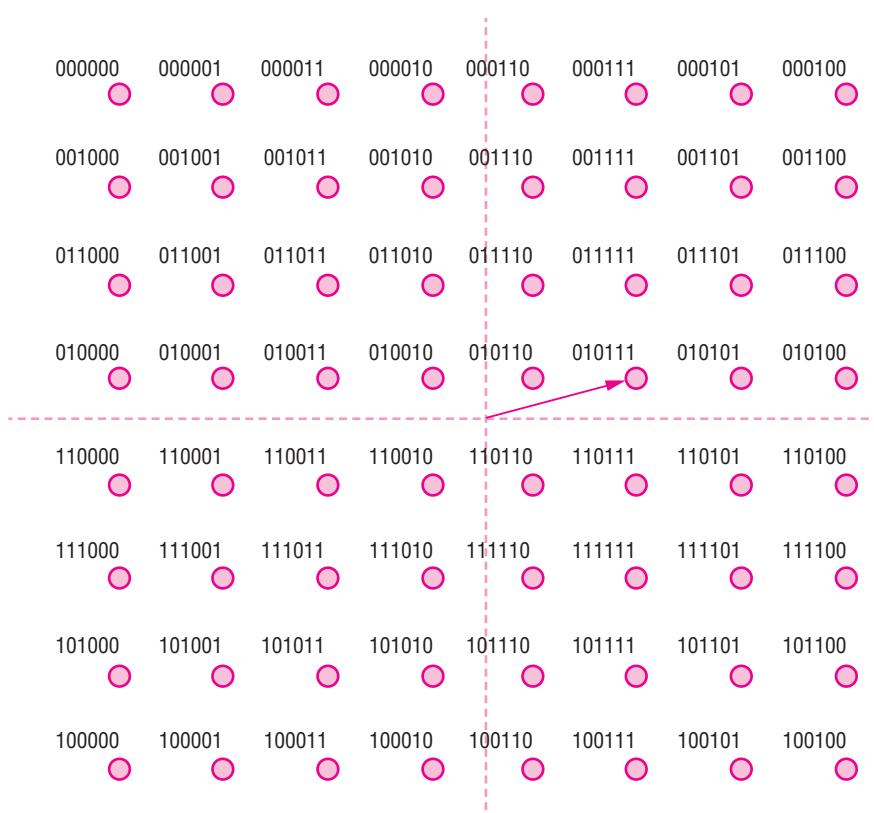
L'utilisation de porteuses multiples tient au fait que le signal peut suivre un grand nombre de trajets différents. En France, la TNT fait appel à plusieurs milliers de porteuses. Pour ne pas encombrer le spectre des fréquences, les porteuses sont rapprochées.

64-QAM

Pour augmenter le nombre de digits binaires envoyés en même temps sur une fréquence, on fait appel au changement de phase. A chaque phase correspond un nombre binaire. Avec 64 phases différentes, on obtient un système capable de transmettre à tout instant un nombre binaire parmi 64. En d'autres termes, avec 64 phases différentes, 6 bits peuvent être transmis simultanément sur une même fréquence.

En pratique, les combinaisons binaires du paragraphe précédent font aussi appel à la modulation d'amplitude. On obtient alors une constellation de points permettant de retrouver l'amplitude et le déphasage du signal correspondant à la transmission du mot de 6 bits.

64-QAM



Sur la figure ci-dessus, chacune des combinaisons binaires de 6 bits est associée à un vecteur dont le module représente l'amplitude de la porteuse. On peut mesurer aussi sur ce même graphique le déphasage correspondant.

4•3 La télévision interactive

Elle apporte la possibilité d'intervenir au cours d'une émission à l'aide de sa tablette ou de son téléphone. Les vidéos à la demande, l'interaction avec les publicités ou l'accès à des contenus complémentaires sont aussi proposés.

L'IPTV, ou la télévision sur IP, offre des possibilités intéressantes comme la possibilité d'enregistrer des contenus à l'aide du service PVR (*Personal Video Recorder*). Il est prévu que la version 2 de ce service offre la possibilité de passer d'un chapitre à un autre ou d'effectuer des sauts dans le temps. Il sera aussi possible de créer des favoris. A l'aide de son mobile ou de sa tablette, l'abonné pourra procéder à la gestion des différents contenus en planifiant leur retransmission.

PVR

L'IPTV dans sa version actuelle permet de mettre en pause la visualisation d'une émission ; une sauvegarde chez l'abonné permet de la reprendre à l'endroit interrompu. Dans sa prochaine version, la sauvegarde pourra être effectuée sur le réseau.

L'utilisateur peut définir un contrôle parental tant au niveau de la visualisation de chaînes que de l'achat de contenus.

L'interface d'accès aux différents services s'appuie sur les principaux éléments du langage HTML5 et de CSS. Les téléviseurs ou les box interactives reliées au Web, sans reprendre toutes les possibilités des navigateurs, contiennent tout le nécessaire pour assurer l'interactivité entre l'usager et le fournisseur de services.

4•4 La technologie HbbTV

Pour se développer, la télévision interactive nécessite l'adoption d'une technologie commune comme par exemple l'HbbTV (*Hybrid Broadcast Broadband TV*). Derrière le terme hybride, il faut comprendre la possibilité de fonctionner aussi bien en mode connecté qu'avec une liaison TNT. Bien évidemment, sans WiFi ou liaison filaire, l'interactivité avec le téléviseur sera réduite : les flux de données et d'alertes provenant du réseau terrestre pourront être sélectionnés en vue de leur affichage mais bien sûr la remontée d'informations ne pourra se faire.

Les alertes remontées par la TNT peuvent être communes à tous les canaux ou spécifiques à une chaîne. L'utilisateur est libre de choisir l'une ou l'autre ou les deux à la fois.

OIPF

La réception de pages CE-HTML contenant du JavaScript et l'usage de contenu XML rendent possible une personnalisation plus fine de l'affichage tout en prenant en considération la gestion des télécommandes et la taille de l'écran. HbbTV repose aussi sur les spécifications de l'OIPF (*Open IPTV Forum*).

HbbTV supporte le MPEG-DASH (*MPEG Adaptive Streaming over HTTP*) qui permet le streaming HTTP en direct.

Pour la gestion des DRM (Gestion numérique des droits), la technologie HbbTV s'appuie sur les normes ISO relatives à la cryptographie. Le choix de la langue et du sous-titrage d'un film peut être détecté automatiquement.