

## Les différentes séquences exécutées, au démarrage du PC

### 1) Comportement de l'ordinateur, lors de la mise sous tension

#### 1.A) Il faut distinguer entre deux technologies différentes

##### a) Alimentation directe par un interrupteur (vieux PC, jusqu'à Win 95)

###### L'interrupteur général qui alimente la carte n'est pas télécommandé

Quand on arrête l'ordinateur, le système d'exploitation ne peut pas télécommander l'interrupteur, afin de couper le secteur. Alors il affiche un message : Vous pouvez éteindre votre ordinateur en toute sécurité. Et l'utilisateur actionne manuellement l'interrupteur afin de couper le courant de l'UC et arrêter l'ordinateur.

###### À l'arrêt, la carte-mère n'est plus sous tension

En conclusion, dans ce type de configuration, quand le PC est à l'arrêt, la carte-mère n'est plus sous tension. Quand on le bascule, l'interrupteur fournit du 220 volt alternatif à l'alimentation à découpage, qui fournit du courant continu à la carte mère.

##### b) Alimentation indirecte au moyen d'un relais (interrupteur télécommandé)

###### Attention : Le PC est sous tension quand il est à l'arrêt

Dans les versions plus modernes, la carte mère demeure toujours alimentée : souvent la chose se matérialise par une diode luminescente (DEL) qui demeure allumée. Ainsi, bien qu'il soit l'arrêt Le PC *reste à l'écoute*. C'est pourquoi, pour réveiller tout le système, il suffit qu'un petit bouton poussoir court-circuite deux pins de la carte mère : le PC démarre.

#### 1.B) Les premiers signes de vie

##### a) Introduction : l'alimentation à découpage

###### Son rôle est de fournir différents courants continus à la carte-mère

Elle transforme le courant alternatif en différentes tensions continues, grossièrement régulées, afin d'alimenter la carte mère (12v, 5v, 3v, 0v, -5v, -12v). Par la suite, cette dernière fabrique encore d'autres tensions continues, notamment pour alimenter le processeur : plus on veut qu'il traite rapidement l'information, plus on lui fournit une tension élevée (de 2,3 à 4,6v) : c'est la technique d'*overclock*.

###### Mais, attention à la surchauffe

Pour une carte-mère donnée, dont la résistance vaut  $R$ , la puissance dissipée  $P$  est fonction du carré de la tension d'alimentation  $U$ . On a donc :  $P=U^2/R$ . Grosso modo, si on double la tension d'alimentation, on quadruple la puissance dissipée et le  $\mu P$  risque de chauffer au point qu'on se brûle sur lui-même (et même sur son radiateur). Il risque de dégager. Heureusement, maintenant le BIOS est bien au point et gère la vitesse de rotation du ventilateur du  $\mu P$  (CPU fan) en fonction de la température du processeur. Si celle-ci monte trop, il plante le système, annule l'*overclock*, et remet la tension d'alimentation pérenne initiale. Au redémarrage, il prévient l'utilisateur en anglais, mais si ce dernier ne voit pas le message, il ne comprend plus pourquoi désormais, son PC rame !

##### b) On entend le PC qui donne les premiers signes de vie tangibles

###### Le ventilateur de l'alimentation à découpage

C'est vraiment le premier signe de vie nettement remarquable, car il souffle vers l'extérieur du boîtier de l'UC (Unité centrale).

**Le ventilateur de la carte-mère (CPU fan)**

Dès les pentiums II, le  $\mu$ P consomme beaucoup d'énergie, et doit être fortement ventilé au moyen d'un ventilateur.

Ce dernier est plus discret pour deux raisons : D'abord, il est situé sur le radiateur du  $\mu$ P, càd à l'intérieur du boîtier de l'UC. Ensuite, historiquement (pentium II et III), il est petit.

**Le démarrage du disque dur**

Il lui faut un délai avant d'être disponible, donc il démarre assez tôt.

**Remarque - Au début d'un dépannage : se passer du disque dur**

Pour tester la séquence d'initialisation d'un PC, le disque dur n'est pas nécessaire : on peut se passer de lui, car le BIOS suffit. Ainsi, il nous suffit d'alimenter la carte mère et de la connecter à un écran (sur les vieux PC, la carte graphique n'est pas incorporée sur la carte-mère, nous devons alors rajouter une carte graphique dans un slot du bus (ISA ou PCI).

**c) Dépannage : si le PC ne donne pas le moindre signe de vie**

- Si la diode DEL n'est pas allumée, vérifier la prise de courant qui alimente l'ordinateur ; vérifier aussi l'alimentation : certaines comporte un interrupteur en série avec la connexion secteur : elle coupe donc l'alimentation générale du PC.

- Sinon : il peut y avoir un faux contact sur le bouton, mais surtout l'alimentation peut avoir délogé et être HS (hors service). Ceci arrive relativement souvent car c'est un composant qui effectue un travail pénible (220 volts ou plusieurs d'ampères :  $200 \text{ watts} / 5 \text{ volts} = 40 \text{ ampères}$ , c'est énorme). Dans ce cas là, cette panne ne se répare pas, il faut carrément changer l'alimentation (de 25 à 50 € + main d'œuvre + déplacement). Attention, on ne peut pas tester une alimentation à vide en lui fournissant simplement du 220v. Pour qu'elle fonctionne, il faut absolument la connecter à une carte-mère.

## 2) Démarrage du microprocesseur

### 2.A) Finalement, l'alimentation est disponible : la carte mère est alimentée

À ce stade, nous supposons que les problèmes électriques sont résolus. Au sein de la carte mère, l'alimentation fournit du courant à l'unité centrale : tous les composants sont sous tension : le signal *Power good* qui analyse cette situation, est passé à 1.

La carte-mère est donc alimentée. Au démarrage, le  $\mu\text{P}$  exécute dans l'ordre, toutes ces séquences :

### 2.B) Séquence interne d'initialisation et de vérification

RAZ (Remise à zéro) et vérification des registres (accumulateurs et registres d'états, d'index, de pile, d'instruction) et compteurs (compteur ordinal, date et heure).

### 2.C) Séquence externe d'initialisation

#### Le signal *power good*

Il déclenche le chargement du BIOS. Selon sa version, le processeur va chercher le BIOS vers les adresses de fin de la mémoire FFFF 0000 (car le BIOS est un firmware (logiciel résident câblé dans une ROM (mémoire morte))).

Il y accède soit directement au moyen d'une adresse câblée dans son programme, soit indirectement au moyen d'une instruction de branchement indiquée par un vecteur de branchement.

### 2.D) Le POST du BIOS (partie relative à la carte-mère)

Le  $\mu\text{P}$  exécute le POST (Power On Self Test -auto-test au démarrage) du BIOS (Basic Input Output Système).

#### a) Le BIOS teste les périphériques utilitaires de base

##### Détection et vérification

Le POST active le bus système pour détecter la présence et tester le bon fonctionnement des périphériques.

Vérification du clavier : le POST vérifie le clavier, le lecteur de disquettes. Concrètement, cette opération se voit bien sur les DEL (diodes électroluminescentes) du clavier, du lecteur de disquettes... : au début de la séquence de démarrage, le POST les active. Cette opération est très pratique car elle permet de savoir où en est l'ordinateur dans son initialisation.

##### Initialisation des périphériques

Par exemple, il initialise la police du clavier en minuscule, et active le pavé numérique (à la place des touches de déplacement du curseur).

#### b) Vérification de la RAM

Le POST vérifie la RAM (par lecture/écriture de données). Cette étape correspond au comptage (optionnel) que l'on voit sur certains ordinateurs, défiler au démarrage.

#### c) Publication des résultats (à l'écran et sur le haut-parleur)

Les tests de ce niveau très profond sont finis.

**La carte graphique s'initialise et affiche les premières données**

Au démarrage, l'écran est noir. Après s'être initialisée, la carte graphique donne les premiers signes de vie.

D'abord elle parle d'elle. Elles affiche ses caractéristiques et parfois une jolie image, afin de montrer ce qu'elle sait faire.

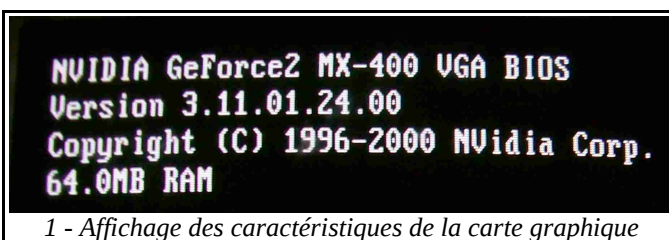
Ensuite, elle affiche les informations basiques de l'ordinateur : sa marque, sa série, ses capacités et performances, comment entrer dans le Setup...

#### Traitement des erreurs et problèmes

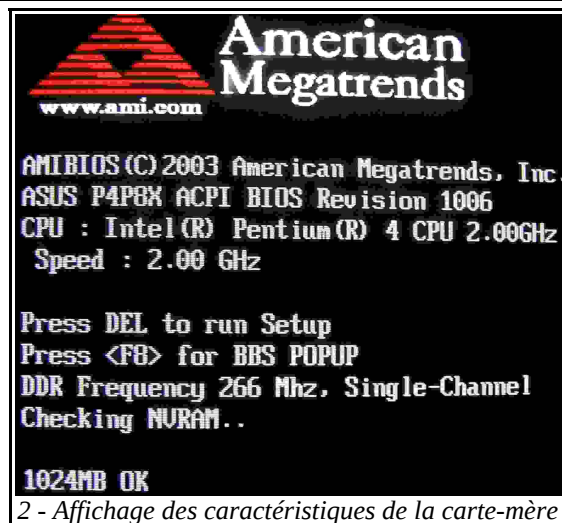
S'il des erreurs apparaissent à ce niveau très profond, elles sont graves et le BIOS les signale.

D'abord, il publie ces messages, au moyen de bips (longs et courts) sur le haut-parleur (buzzer). En effet, celui-ci constitue un canal de communication très pratique : il est simple et ainsi, demeure très souvent fonctionnel.

Ensuite, si l'écran fonctionne, le BIOS s'exprime au moyen de ce média, et affiche à l'écran les résultats. Au sein de cet affichage, notez son message *Press DEL to run Setup*. Il nous explique comment différer le démarrage du PC, pour exécuter le programme *Setup*.



1 - Affichage des caractéristiques de la carte graphique



2 - Affichage des caractéristiques de la carte-mère

## d) Le programme Setup

### Différer le chargement afin de modifier le Setup

Puisqu'à ce stade, le clavier est déjà actif, c'est le moment pour l'utilisateur, de différer le chargement en cours et d'entrer dans le Setup. Pendant cette période de démarrage, d'initialisation du PC, le BIOS nous explique comment nous pouvons interrompre ce processus, afin d'exécuter le *Setup*. Qui permet de modifier certains paramètres du PC.

### Le Setup est un programme

À la base, le Setup est un programme interface que l'utilisateur exécute afin d'interagir avec le BIOS, et qui lui permet de modifier la configuration de la machine. Mais, par extension, le setup c'est aussi l'ensemble des paramètres de configuration du PC.

La procédure d'interruption du chargement est souvent la même : dès l'apparition de ce message, ou même un peu avant, il vous faut taper à intervalles réguliers (toutes les 2 ou 3 s) sur une touche du clavier (F2, F5 ou Del (en anglais : Suppr en français)).

### Modifier certains paramètres du PC

Le Setup permet de modifier, de régler certains paramètres du PC :

- Déclaration des périphériques (lecteur de disquettes, du disque dur, du CD/DVD ROM).
- Sur quels périphériques booter (et dans quel ordre). Par exemple, si le disque dur est crashé, il est important de dire au BIOS de chercher à booter d'abord sur une disquette de secours.
- Voir la température du  $\mu$ P, et régler la fréquence de l'horloge interne.

## 2.E) Le POST du BIOS (partie relative au PC)

Le POST énumère, initialise et catalogue les périphériques sur les bus systèmes (cartes d'entrées/sorties, disques physiques, périphériques [USB](#)...). Il échange avec les périphériques PnP (plug and play) afin de les initialiser : il tente de leur attribuer les ressources nécessaires à un fonctionnement sans conflit.

### a) IO (input/output) Initialisation des périphériques

Les BIOS initialise la table des vecteurs d'interruption qui servent à interfacer les périphériques. Cela consiste à attribuer à chaque périphérique, en fonction de son importance, un vecteur d'interruption plus ou moins prioritaire. En effet, si deux périphériques recevaient le même vecteur, ceci induirait un conflit et tous deux pourraient se gêner, et mal fonctionner.

```
1924MB OK
Auto-Detecting Pri Master..IDE Hard-Disk
Auto-Detecting 4th Master..ATAPI CD-ROM
Pri Master: WDC WD800JB-00JJC0 05.01C05
      Ultra DMA Mode-5, S.M.A.R.T. Capable and Status OK
4th Master: HL-DT-ST DUDRAM GH20NS10 EL00
      Ultra DMA Mode-5
Auto-detecting USB Mass Storage Devices
00 USB mass storage devices found and configured.
CPU Fan Error!
```

*3 - Affichage des caractéristiques des périphériques*

### b) Vérification des unités de stockage

Maintenant que le BIOS sait de quels périphériques il dispose, le POST vérifie les unités de stockage disponibles sur l'ordinateur (lecteurs de floppy, DD, lecteur de CD/DVD).

### 3) L'amorçage (le boot)

#### 3.A) Lancement de l'O.S.

Une fois le POST terminé, le contrôle est cédé au chargeur d'amorçage, dont le rôle est de démarrer le système d'exploitation. Ce chargeur sait sur quel lecteur d'initialisation il pourra lire le secteur d'amorçage (MBR Master Boot Record) afin de charger l'OS (Operating System : le système d'exploitation).

#### 3.B) Le problème de l'amorçage

En fonctionnement normal, le programme du système d'exploitation (OS Operating System) est stocké en mémoire RAM. Mais elle est volatile : quand on éteint le PC, l'OS est perdu.

Ce programme est tellement grand et changeant qu'il ne peut pas être gravé sur une ROM, la seule solution est d'utiliser une mémoire de masse (le disque dur).

Mais alors, apparaît le problème de l'amorçage : Il existe bien dans un OS des instructions pour charger un programme en machine. Un OS peut se recharger lui-même, ou en charger un autre, à la condition qu'il soit déjà en machine. Or à la mise sous tension, la mémoire est vide : on est dans un cercle vicieux.

#### 3.C) Le cercle vicieux du bootstrap

Le problème est le même que l'histoire de cet homme qui veut traverser un ruisseau. Pour voler dans les airs, il tire les sangles de ses bottes vers le haut. Mais ceci est irréaliste à cause du principe d'action-réaction.

#### 3.D) Principe de l'amorçage (Notion de boot)

##### a) L'amorçage autrefois

###### Amorçage de premier niveau 1

Dans le milieu des années 70, je travaillais sur un PDP 8. Pour l'initialiser, nous chargions, aux clés, un tout petit programme de boot (d'amorçage), d'une dizaine d'instruction. Son rôle consistait à lire une bande perforée sur le lecteur et à la copier en mémoire vive (des mémoires à tores de ferrite).

###### Amorçage de second niveau 2

Ce programme d'amorçage élémentaire chargeait un second programme d'amorçage, plus complexe qui effectuait en plus des vérifications (checksum : somme de vérification). Ainsi, il était plus fiable et nous permettait de charger les longues bandes du système d'exploitation.

##### b) L'amorçage aujourd'hui

###### Le petit bootstrap initial

Le BIOS contient un boot de premier niveau. Sur le lecteur d'initialisation, il lit le secteur d'amorçage (MBR Master Boot Record), et trouve le bootstrap de second niveau.

###### Le bootstrap de second niveau sert à lancer l'OS

Le BIOS détermine sur quel disque et à quel endroit/adresse de celui-ci trouver le chargeur d'amorçage (ou Boot loader) de l'OS (c'est le système d'exploitation, en général il s'agit de Window, Linux ou Mac OS). Dans le cas de Windows, ce bootstrap s'appelle NTLDR, dans le cas d'un système en multiboot (possibilité de démarrer plusieurs systèmes d'exploitation sur un même ordinateur, par exemple, pour Windows et Linux), il s'agit parfois de LILO, souvent du GRUB (GRand Unified Bootloader).

**Lancement de l'OS : on obtient un environnement fenêtré**

Ensuite, c'est ce second bootstrap, un chargeur plus élaboré qui amorce l'OS, c'est à dire qui le copie en mémoire vive, puis le lance (il lui passe la main) : le système d'exploitation est chargé, il s'exécute : nous obtenons à l'écran cet environnement graphique et fenêtré si pratique, auquel nous sommes habitués.

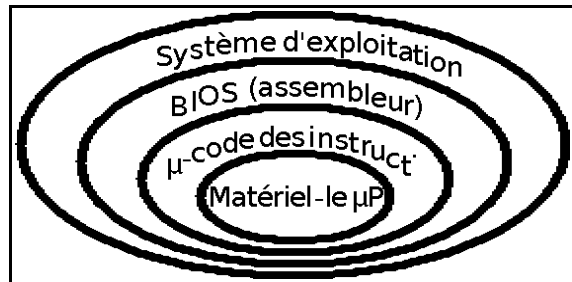
#### 4) Annexe : détailler le rôle du BIOS relatif au problème des interruptions

Ce programme appartient au système d'exploitation. Il sert d'interface entre les composants *matériel* et le *logiciel* (Le système d'exploitation et les exécutables). Ce travail s'effectue au moyen de la gestion des interruptions (IRQ).

##### 4.A) Lemme 1 : présentation du BIOS (système élémentaire d'entrée/sortie)

Le Bios est un des nombreux programmes du système d'exploitation. Il permet à ce dernier de communiquer (en entrée et en sortie) avec les périphériques (au travers du hardware : le matériel du micro-processeur).

Le BIOS constitue une couche très profonde de la machine. Aussi, afin d'être plus rapide, il est écrit en assembleur (langage machine).



Note : chacune des instructions en langage machine est elle-même expansée en micro-code par le séquenceur de l'unité de commande, afin de piloter les données, au travers des composants matériels de l'UC (unité centrale), en provenance ou jusqu'aux périphériques.

##### 4.B) Lemme 2 : La gestion des interruptions

###### a) Notion de traitement séquentiel d'un programme

Le processeur n'est pas comme Shiva, il ne peut pas faire deux choses à la fois : il est comme les Belges et les hommes, il ne peut pas monter des escaliers en mâchant un chewing-gum. Il ne peut exécuter qu'une seule tâche à la fois : traiter séquentiellement le programme en cours.

###### b) Présentation des interruptions logicielles et surtout matérielles

À tout moment, un périphérique de l'ordinateur (clavier, souris, clé USB... ) peut éprouver le besoin d'intervenir. Pour ce faire, il éprouve le besoin d'interrompre la tâche de fond principale, le traitement des données effectuées par le  $\mu P$ .

###### c) Intervention $\Rightarrow$ interruption

Pour traiter chaque interruption, le  $\mu P$  sauvegarde son travail en cours (son état) et l'interrompt. Quand la parenthèse correspondant au traitement de cette interruption est refermée, il restaure le contexte de son travail initial, afin de le reprendre dans l'état où il l'avait laissé.

###### d) Traiter une deuxième interruption pendant le traitement de la première

Remarque : pendant que le  $\mu P$  traite une première interruption, il se peut qu'une seconde survienne. Dans ce cas, selon de degré de priorité de la dernière interruption, le  $\mu P$  peut décider de la traiter ou non. S'il le fait, alors il sauvegarde le contexte du traitement en cours et traite la nouvelle interruption. Quand il aura fini de traiter cette seconde parenthèse, il revient à la première, finit de traiter l'interruption 1, puis continue sa tâche de fond.

De façon générale, cet événement (interruption du traitement d'une interruption) peut survenir plusieurs fois. Selon le point de vue de la programmation, le programme de traitement d'une interruption sera donc récuratif. Pour ce faire, il suffit que le  $\mu P$  empile les contextes successifs dans une pile dédiée à la mémorisation des contextes.



## Sommaire

Les différentes séquences exécutées, au démarrage du PC.....	1
1) Comportement de l'ordinateur, lors de la mise sous tension.....	1
1.A) Il faut distinguer entre deux technologies différentes.....	1
a) Alimentation directe par un interrupteur (vieux PC, jusqu'à Win 95).....	1
L'interrupteur général qui alimente la carte n'est pas télécommandé.....	1
À l'arrêt, la carte-mère n'est plus sous tension.....	1
b) Alimentation indirecte au moyen d'un relais (interrupteur télécommandé).....	1
Attention : Le PC est sous tension quand il est à l'arrêt.....	1
1.B) Les premiers signes de vie.....	1
a) Introduction : l'alimentation à découpage.....	1
Son rôle est de fournir différents courants continus à la carte-mère.....	1
Mais, attention à la surchauffe.....	1
b) On entend le PC qui donne les premiers signes de vie tangibles.....	1
Le ventilateur de l'alimentation à découpage.....	1
Le ventilateur de la carte-mère (CPU fan).....	2
Le démarrage du disque dur.....	2
Remarque - Au début d'un dépannage : se passer du disque dur.....	2
c) Dépannage : si le PC ne donne pas le moindre signe de vie.....	2
2) Démarrage du microprocesseur.....	3
2.A) Finalement, l'alimentation est disponible : la carte mère est alimentée.....	3
2.B) Séquence interne d'initialisation et de vérification.....	3
2.C) Séquence externe d'initialisation.....	3
Le signal power good.....	3
2.D) Le POST du BIOS (partie relative à la carte-mère).....	3
a) Le BIOS teste les périphériques utilitaires de base.....	3
Détection et vérification.....	3
Initialisation des périphériques.....	3
b) Vérification de la RAM.....	3
c) Publication des résultats (à l'écran et sur le haut-parleur).....	3
La carte graphique s'initialise et affiche les premières données .....	3
Traitement des erreurs et problèmes.....	4
d) Le programme Setup.....	4
Différer le chargement afin de modifier le Setup.....	4
Le Setup est un programme .....	4
Modifier certains paramètres du PC.....	4
2.E) Le POST du BIOS (partie relative au PC).....	5
a) IO (input/output) Initialisation des périphériques.....	5
b) Vérification des unités de stockage.....	5
3) L'amorçage (le boot).....	6
3.A) Lancement de l'O.S.....	6
3.B) Le problème de l'amorçage.....	6
3.C) Le cercle vicieux du bootstrap.....	6
3.D) Principe de l'amorçage (Notion de boot).....	6
a) L'amorçage autrefois.....	6

Amorçage de premier niveau 1.....	6
Amorçage de second niveau 2.....	6
b) L'amorçage aujourd'hui.....	6
Le petit bootstrap initial.....	6
Le bootstrap de second niveau sert à lancer l'OS.....	6
Lancement de l'OS : on obtient un environnement fenêtré.....	7
4) Annexe : détailler le rôle du BIOS relatif au problème des interruptions.....	8
4.A) Lemme 1 : présentation du BIOS (système élémentaire d'entrée/sortie).....	8
4.B) Lemme 2 : La gestion des interruptions.....	8
a) Notion de traitement séquentiel d'un programme.....	8
b) Présentation des interruptions logicielles et surtout matérielles.....	8
c) Intervention ⇒ interruption.....	8
d) Traiter une deuxième interruption pendant le traitement de la première.....	8