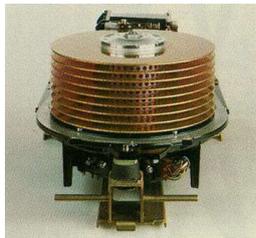


63-12 Introduction à l'Informatique



Le disque dur



Xavier Barmaz

School of Management | 1

1

Plan

- HDD vs SSD
- [Limitation matériel]
- Partitionnement
- Limitation logiciel
 - MBR vs GPT
 - [File System] → plus tard

School of Management | 2

2

Définition

- Organe du PC servant à conserver les données de manière permanente
- Inventé au début des années 50 par IBM

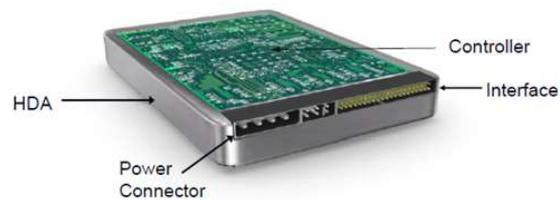
3

Disque **HDD** magnétique

https://www.youtube.com/watch?v=gCIII_YPJEk



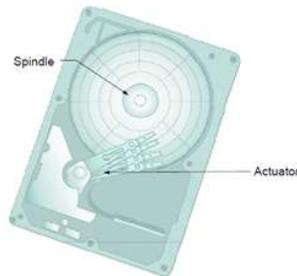
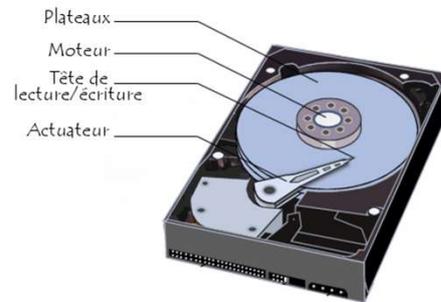
Inventé le 13 septembre 1956



4

Structure interne

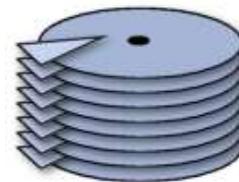
- Plateaux
- Axe
- Moteur électrique
- Têtes



5

Têtes

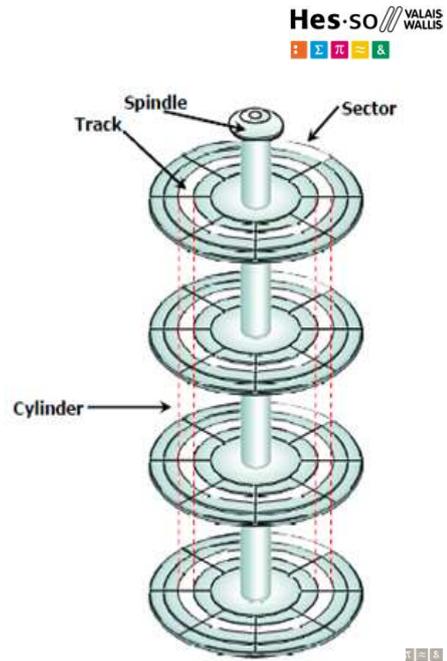
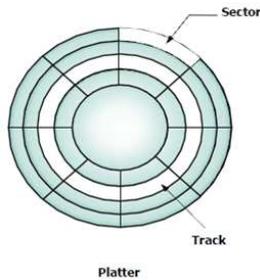
- Une tête par plateau
- "Volent" au-dessus sans les toucher
- Parquées à l'arrêt
- Inductives → peuvent générer un champ magnétique
- Permettent la lecture et l'écriture
- Toutes **pivotent en même temps**



6

Structure des plateaux

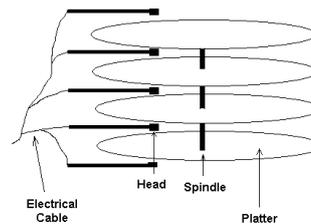
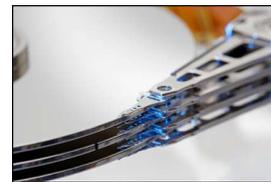
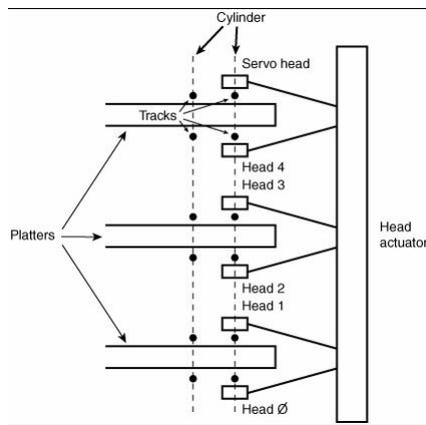
- Pistes
 - Secteurs
 - Cylindre
- 3 coordonnées pour accéder à un bloc
 - Point de départ : **cylindre 0, tête 0, secteur 1**



7

Têtes lectures / écritures

2x plus de têtes que de plateaux



School of Management | 8

8

Disque **SSD** [Solid State Drive]



9

SSD

- L'objet principal d'un SSD est de s'affranchir de trois défauts des disques durs classiques :
 - leur **mécanique** et leur **fragilité** d'une part ;
 - les **nuisances sonores** dues à la lecture des données ;
 - des **latences importantes** d'accès aux données :
 - la demi-rotation nécessaire en moyenne pour accéder à celles-ci;
 - le temps de déplacement de piste à piste de la tête de lecture.

10

SSD: Prix au GO depuis 2006

Le gigaoctet pour 1 euro a été atteint en France début septembre 2011, dans le cadre d'une offre promotionnelle restreinte. La baisse se poursuit, puisqu'en novembre 2012, on atteint le prix de ± 0,7 euro/Go et en décembre 2013, ± 0,5 euro/Go. Fin 2019, on va arriver à ± 0,10 euro/Go.



<https://www.generation-nt.com/ssd-1-to-0-1-dollar-go-avant-fin-annee-actualite-1964771.html>

11

⚠ désavantage sur HDD, la longévité

SSD: Types de mémoires

Samsung Magician:
<https://www.samsung.com/se/miconductor/minisite/ssd/download/tools/>

- SLC NAND (**S**ingle Level Cell)
 - chaque cellule élémentaire peut stocker un seul bit (deux niveaux de charge)
 - Très cher, mais très rapide → entreprise
- MLC NAND (**M**ulti Level Cell)
 - les cellules peuvent stocker plusieurs bits (le plus souvent, 2 bits), soit quatre niveaux de charge, et référencés comme DLC NAND (**D**ual Level Cell).
- TLC NAND (**T**riple Level Cell)
 - variante de MLC comportant 3 bits, soit huit niveaux de charge, également appelé MLC « X3 » (introduites en 2009) et qui augmente encore le nombre de bits stockés par cellule.



<https://ssd-life.com/>

Le stockage de plusieurs bits par cellule permet de **diminuer** fortement le **coût** de fabrication, puisque la densité est au minimum doublée, mais **dégrade les performances**, surtout en **écriture**, et **réduit** grandement la **durée de vie des cellules**.

<https://www.enterprisestorageforum.com/products/9-best-ssd-health-check-tools-monitoring-ssd-health-and-performance/>

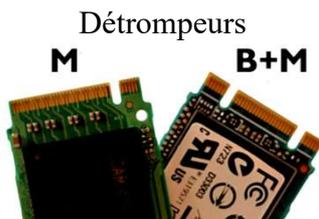
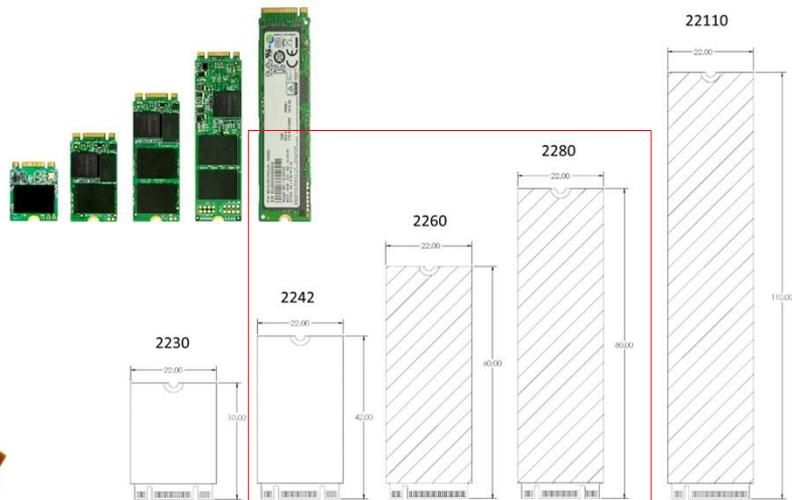
12

SSD: Types de mémoires

Flash Type	SLC Single Level Cell	eMLC Enterprise Multi-Level Cell	MLC Multi-Level Cell	TLC Triple-Level Cell
Read/Write Cycles	90,000-100,000	20,000-30,000	8,000-10,000	3,000-5,000
Bit Per Cell	1	2	2	3
Write Speed	★★★★★	★★★★☆	★★★☆☆	★★★☆☆
Endurance	★★★★★	★★★★☆	★★★☆☆	★★★☆☆
Cost	★★★★★	★★★★☆	★★★☆☆	★★★☆☆
Usage	Industrial/Enterprise	Industrial/Enterprise	Consumer/Gaming	Consumer

<https://www.slcssd.com/2019/05/27/everything-you-need-to-know-about-slc-mlc-tlc-nand-flash/>

Les SSD connecté au port M.2



msata vs mpcie vs M.2

- Les ports «mini sata» et «mini pci express» ont des avantages et des inconvénients.



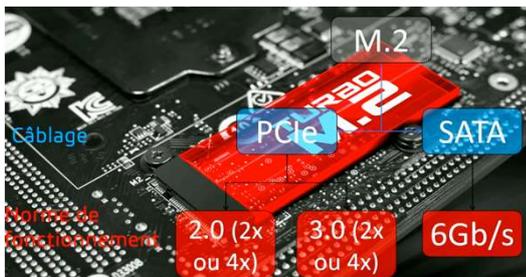
Kingston SSD
KC600 mSATA



- Le cumul de leurs avantages se retrouve dans le port M.2.

M.2 sata vs M.2 pcie

- Le port M.2 peut être câblé soit en Sata, soit en PCI Express. 80% des ports M.2 sont câblés en Sata (6 GO/s).
 - Le port M.2 accueille principalement des cartes réseau (wifi) ou des SSD.
 - Les cartes mères peuvent être soit Sata, soit PCIE, soit les deux.
 - Les ports M.2 peuvent être soit Sata, soit PCIE, soit les deux.



	Serial ATA		PCI Express	
	2.0	3.0	2.0	3.0
Link Speed	3Gbps	6Gbps	8Gbps (X2) 16Gbps (X4)	16Gbps (X2) 32Gbps (X4)
Effective Data Rate	~275MBps	~560MBps	~780MBps ~1560MBps	~1560MBps ~3120MBps

NVM Express

- Nonvolatile Memory Express
 - ~ Pilote: nouveau **protocole d'accès au stockage et de transport** conçu pour les disques Flash et SSD nouvelle génération.
- Tend à remplacer la norme AHCI
- **Conçu et optimisé pour le PCIE**
- S'active dans le BIOS/UEFI et demande une installation sur l'OS (souvent automatique)

17

en veut ce qui est commun au HDD et SSD

Caractéristiques techniques des HD

- **Capacité** : volume de données pouvant être stockées sur le disque.
- **Taux de transfert (ou débit)** : quantité de données pouvant être lues ou écrites sur le disque par unité de temps. Il s'exprime en bits par seconde.
- **Vitesse de rotation** : vitesse à laquelle les plateaux tournent, exprimée en tours par minutes
- **Temps d'accès** : = temps de latence + temps de recherche + temps de transfert [SSD: 0.1 ms]
- **Temps de latence** : il est un facteur de la **vitesse de rotation des plateaux**. Le temps de latence (en secondes) est égal à 60 divisé par la vitesse de rotation en tours par minute. → **les SSD n'imposent pas le délai de latence car ils n'ont pas de plateaux**
- **Mémoire cache** (ou mémoire tampon) : quantité de mémoire embarquée sur le disque dur.
- **Interface** : connectique du disque dur

18

HDD vs SSD



Caractéristique	SSD	Disque mécanique
Temps d'accès aléatoire	Environ 0,1 ms	De 2,9 à 12 ms
Vitesse de lecture/écriture	De 27 Mo/s à 3 Go/s ⁹	De 12 à 260 Mo/s
IOPS	De 8 000 à 3 000 000 (connexion PCIe, plusieurs téraoctets)	Dépend de la vitesse de rotation, du nombre d'axes, du temps
Fragmentation	Aucun ou très peu d'effet (accès direct à chaque cellule)	Dépend du type de système de fichiers Augmente avec le temps
Bruit	Aucun (pas de pièce en mouvement)	Variable dépendant du déplacement des têtes de lecture Ayant tendance à s'accroître avec le temps
Vulnérabilités	Sensible au nombre de cycles d'écriture Coupures de courant qui peuvent rendre le lecteur irrécupérable sur certains (anciens) modèles ¹⁰	Chocs et vibrations, sensibles aux champs magnétiques
Taille	4,57-6,35 cm (1,8-2,5") (en fonction des modèles)	4,57-6,35-8,89 cm (1,8-2,5-3,5") (en fonction des modèles)
Masse	Quelques dizaines de grammes	Jusqu'à près de 700 g
Durée de vie	Garantie constructeur allant de 1 à 10 ans Cycles d'écriture garantis : 10 000 (SLC), 5 000 (MLC) et 1 000 (TLC) [réf. nécessaire] ¹¹	2 à 5 ans (voire plus) en fonction de la charge et des conditions d'utilisation
Rapport coût-capacité	environ 0,4 €/Gio (2014)	environ 0,04 €/Gio (2014)
Capacité de stockage	Jusqu'à 16 To (Samsung PM1633a) ¹¹	Jusqu'à 10 To (HGST de Western Digital) ^{12, 13}
Consommation	0,1 - 0,9 W (veille) jusqu'à 0,9 W (activité)	0,5 à 1,3 W (veille) 2 à 4 W (activité)

<https://www.youtube.com/watch?v=YOEjGKYXjw8>
https://fr.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive
<https://iclickandhost.com/blog/all-of-our-servers-have-been-upgraded-to-ssd-disks/>

Disque SSHD hybride



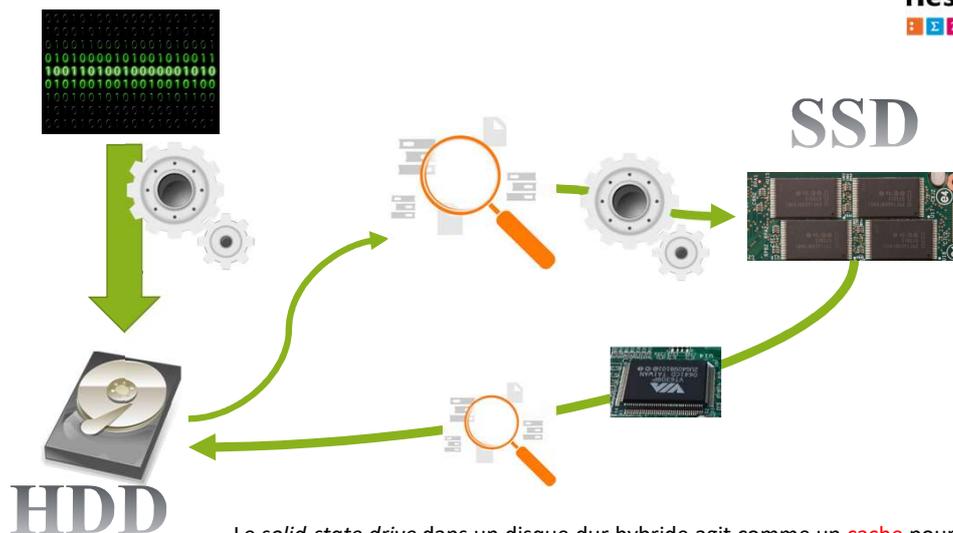
Caractéristiques

- Solid State Hybrid Drive
- Combinaison d'un HDD + SSD → «fusionné»
 - 5'400-7'200-10'000 rpm (rotations par minutes)
 - SSD type Nand MLC
 - Format : 2.5''
- Capacité :
 - 500Go HDD + 8Go SSD
 - 750Go HDD + 8Go SSD
 - 1To HDD + 8Go SSD

But: Ajouter un peu de la vitesse des solid-state drives à la capacité de stockage économique des disques durs traditionnels.

21

Cache



Le *solid-state drive* dans un disque dur hybride agit comme un **cache** pour les données stockées sur le disque dur, améliorant la performance globale en gardant des copies des données les plus fréquemment utilisées sur le solid-state drive.

22

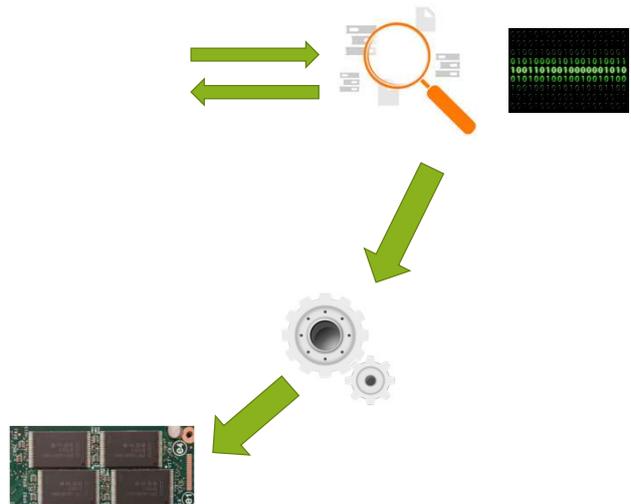
Quoi - Quand

- Partie HDD : comme n'importe quel disque dur standard
 - OS : installation sur HDD
 - Accessibilité via le gestionnaire de disque
 - Programme installé dessus
- Partie SSD :
 - **Non accessible par l'utilisateur**
 - Gérer automatiquement par une puce et des algorithmes
 - La puce analyse les programmes régulièrement exécutés
 - Ensuite copie des données sur SSD (→ déplacer, pas de perte de données)
 - Programmes moins exécutés sont remplacés par d'autres plus utilisés

23

Exemple : le boot de Win7 est amélioré

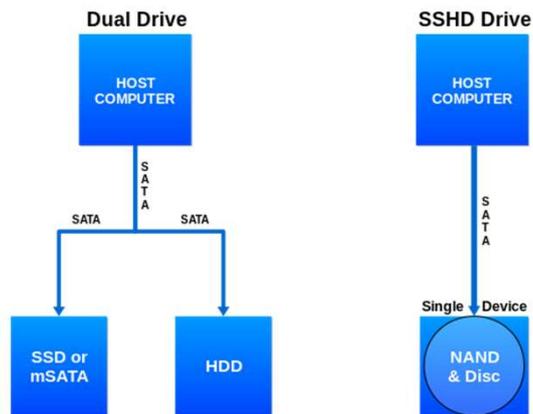
- Précédent HDD standard : 94 secondes
- 1er démarrage : 102 secondes
- 1er rebootage : 84 secondes
- 2ème rebootage : 63 secondes
- 3ème rebootage : 50 secondes
- 4ème rebootage : 39 secondes
- 5ème rebootage : 29 secondes
- 6ème rebootage : 22 secondes
- 7ème rebootage : 19 secondes
- 8ème rebootage : 18 secondes



24

Ne pas confondre SSHD et Dual-Drive

- Dual Drive
 - 2 blocs «distincts»: SSD et HDD



25

Performance

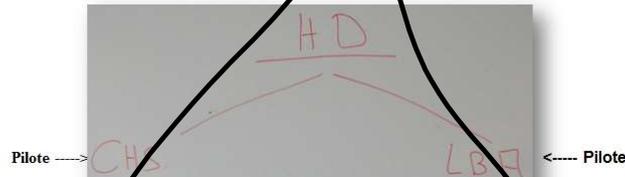
- <https://www.youtube.com/watch?v=Tu5xKDcFY7Y>
- <https://youtu.be/DboEUsoWn28?t=34>



26

Limitation côté matériel

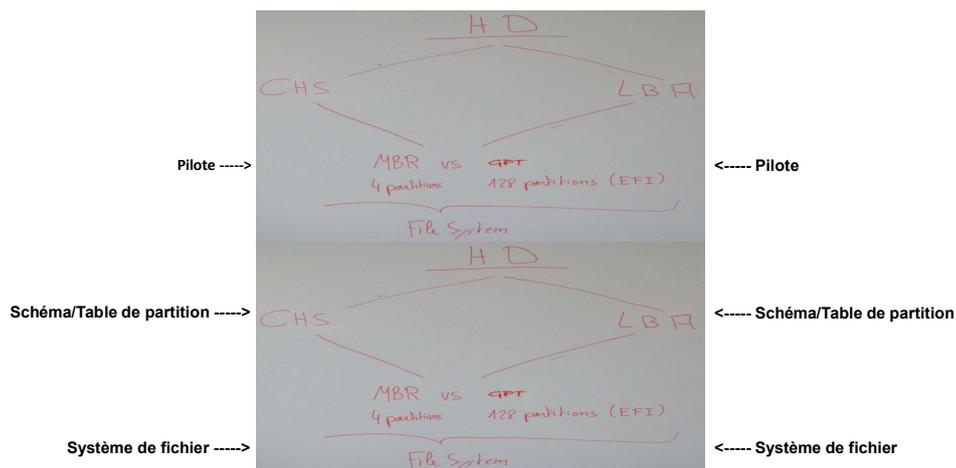
CHS vs LBA



Cartographie Physique du disque

27

Limitation côté logiciel



Globalement, les limitations viennent d'une combinaison des trois paramètres, même si globalement c'est le schéma de partitions qui est le plus gênant.

31

Démarrage PC :

POST : power on self test

↳ permet check que
les composants
sont présents/fonctionnels



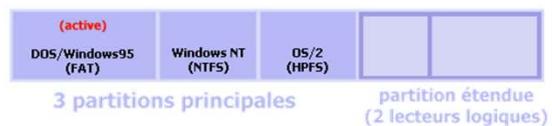
BIOS/UEFI : permet de démarrer les
composants

↳ boot order ...

Pourquoi partitionner

MBR VS GPT → <https://www.youtube.com/watch?v=ZOjicsRClic&index=47&list=PL1178n6W8zyoo9nbe4U5qQd4s2AHTSn1f>

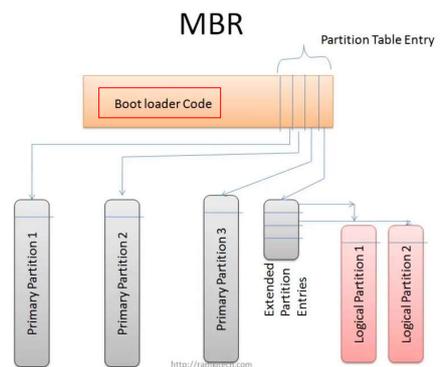
- Il est conseillé de créer plusieurs partitions pour pouvoir :
 - Installer plusieurs OS sur un disque
 - Economiser de l'espace disque
 - Augmenter la sécurité des fichiers
 - Organiser les données plus facilement



→ Au minimum autant de partitions que d'OS avec système de fichiers différents

MBR (Master Boot Record)

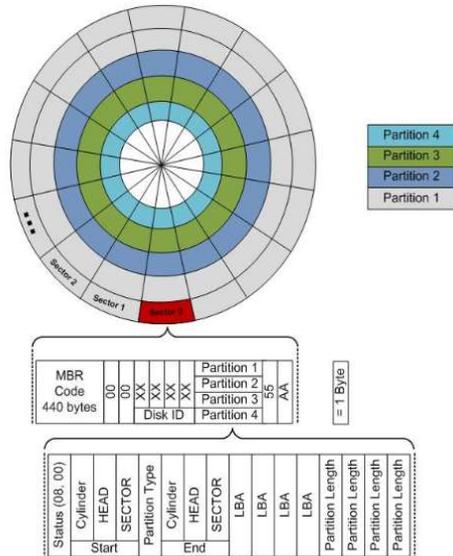
- Premier secteur du disque dur
 - Cylindre 0, tête 0 et secteur 1
- **Secteur de démarrage**
- **Contient la table de partition principale et le booter**
- Contient toutes les informations relatives au disque
- **Sert au setup du BIOS à reconnaître le disque dur**
- Secteur le plus important du disque, sans lui, le disque est inutilisable



→ pour le **BIOS** - mais pas pour l'UEFI

Structure du MBR

- Le MBR est un morceau de code qui fait **512 octets**, situé sur le premier secteur (LBA0) du disque dur. C'est ce code qui permet à l'ordinateur de démarrer quand on utilise un **BIOS**. Il est composé de :
 - 440 octets pour le démarrage lui-même
 - 4 octets pour la signature du disque
 - 2 octets non utilisés
 - 64 octets pour la table de partition
 - 2 octets pour la signature du MBR
- La table de partition est ce qui pose problème, elle permet de définir quatre partitions principales et 16 octets sont nécessaires pour chaque partition.



Structure des partitions en MBR

- La structure se décompose comme suit :
 - Le premier octet indique si la partition est *bootable*
 - les trois suivants donnent la position du début de la partition
 - il y a ensuite un octet pour le type de partition (FAT, NTFS, etc.)
 - les trois suivants donnent la position de la fin de la partition
 - etc...

- Contraintes:**
 - 4 partitions maximum.
 - Taille d'une partition limitée à 2,2 To

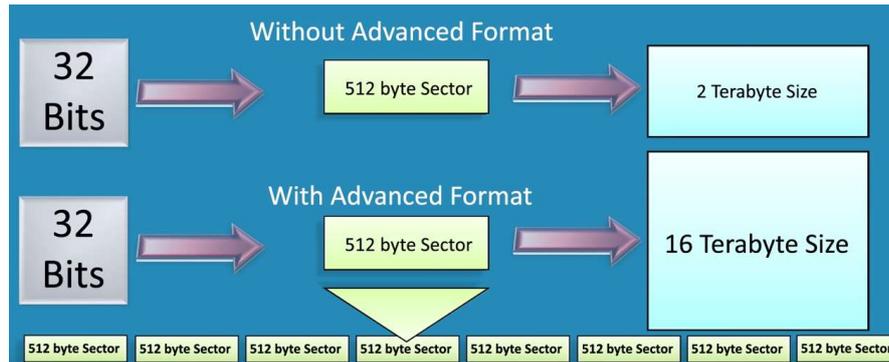
- Problème : **capacité maximale**
 - Avec 32 bits (Fat32 ou NTFS) et les secteurs classiques de 512 octets (max), on arrive à une **capacité maximale de 2.2 Tio** ($2^{32} \times 512$ octets). Et comme le début de la partition est indiqué de la même façon, il est impossible de démarrer une seconde (ou troisième, etc.) partition derrière une première partition : on sort de la limite.
 - La limite réelle du MBR, avec des secteurs de 512 octets, est donc de 2.2 Tio.

Status (08, 00)	Cylinder	HEAD	SECTOR	Partition Type	Cylinder	HEAD	SECTOR	LBA	LBA	LBA	Partition Length	Partition Length	Partition Length
Start				End									

Truc pour dépasser 2.2 TB

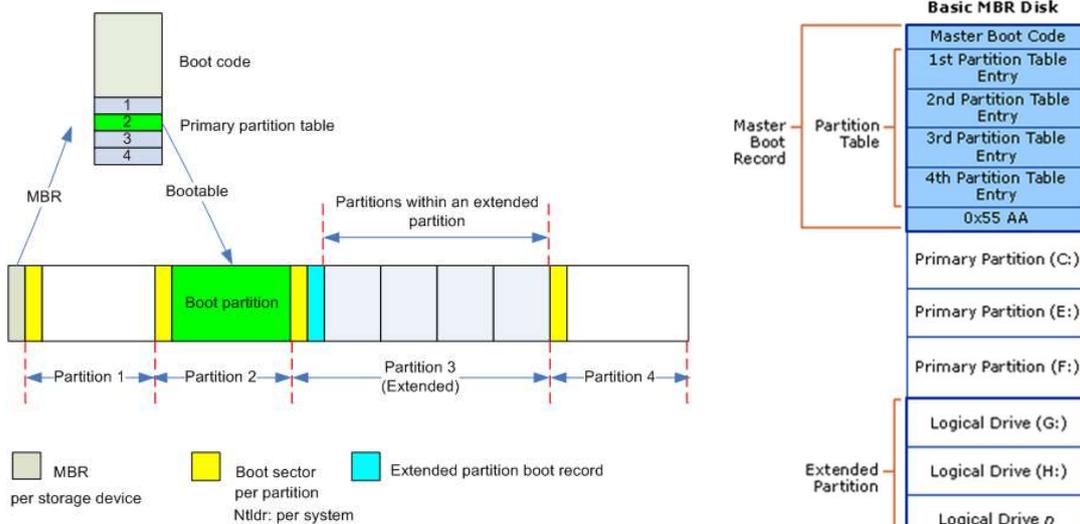
- Formatage avancé
 - Méthode préconisée: **Hybrid MBR**
 - Pas supporté par Windows → formatage à faire depuis Linux

<https://www.rodsbooks.com/gdisk/hybrid.html>



36

MBR (Master Boot Record)

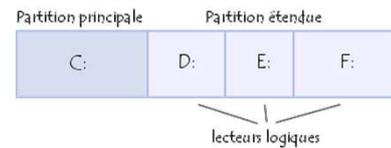


37

Partitions en MBR

- 3 sortes de partitions :

- Partitions principales
- Partitions étendues
- Lecteurs logiques



- Maximum en MBR :

- 4 partitions principales
- 3 partitions principales et une étendue
 - Possibilité de créer des lecteurs logiques (impression d'avoir plusieurs disques durs)

Partition principale

- Formatée logiquement
- Contient un système de fichier qui correspond à l'OS installé

Partition étendue

- Mise au point **pour dépasser la limite des quatre partitions principales (MBR)**
- Possibilité de créer une infinité de lecteurs logiques
- Impossible de stocker des données directement
 - **Minimum un lecteur logique**

40

Quiz MBR

- Quels systèmes d'exploitation peuvent **lire et écrire** sur un disque MBR ?
 - *Tous les systèmes d'exploitation qui existent !*
- Quels systèmes d'exploitation peuvent démarrer sur un disque MBR ?
 - *Sur un PC BIOS : toutes les versions de Windows et toutes les distributions GNU/Linux.*
 - *Sur un PC UEFI :*
 - *toutes les versions de Windows après avoir activé le CSM (Compatibility Support Module) qui émule un environnement BIOS ;*
 - *<https://lecrabeinfo.net/installer-windows-7-8-10-32-bits-mode-bios-herite-legacy.html#etape-2-activer-le-csm-compatibility-support-module>*
 - *toutes les distributions GNU/Linux.*

41

Quizz MBR

- A quoi ressemble un disque MBR sur lequel on **installe Windows** ?
- *Lorsque vous installez Windows en mode BIOS/MBR, l'installeur de Windows crée :*
 - *une partition réservée au système (System Reserved) ;*
 - *une partition Windows ;*
 - *une partition Récupération (Recovery) [Windows 10-11 uniquement].*

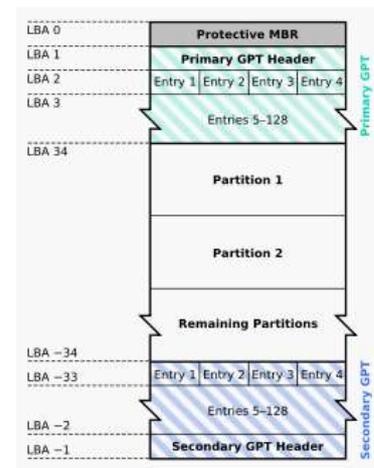
Disk 0 default partition layout (BIOS-based PCs)



42

GPT (GUID Partition Table)

- Créé fin des années 90. GPT, pour **GUID Partition Table**, est un **schéma de partition évolué**, plus complet que le MBR et surtout plus efficace.
 - GPT *prend un peu plus de place que le MBR*, mais c'est négligeable.
 - Il y a **deux** GPT sur le disque dur, l'un **primaire**, l'autre **secondaire** (sauvegarde du premier). Le primaire se situe au **début du disque** alors que le secondaire se situe à la **fin du disque**, leurs **structures entête/descripteurs étant inversées**.
 - Pour garantir une compatibilité avec les logiciels gérant uniquement le MBR, le **GPT possède un MBR protecteur** (Protective MBR).



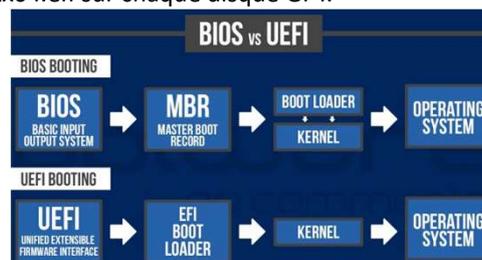
43

Structure de GPT

- Contrairement au **MBR**, qui n'utilise que **32 bits** pour la gestion des partitions (et limite donc à 2.2 Tio), **la description des partitions en GPT permet d'atteindre des valeurs élevées** :
 - GPT demande le LBA (l'adresse du secteur) pour le début et la fin de la partition, et cette adresse est codée sur 8 octets (64 bits). **Avec des secteurs de 512 octets (la valeur habituelle), une partition peut donc atteindre 9.7 zettaoctets (8 milliards de Tio)**. Avec des secteurs de 4 ko, une valeur qui va devenir la référence, on peut même atteindre 64 Zio.
- En réalité:
 - Jusqu'à **128 partitions par disque** (mais illimité dans la norme).
 - Jusqu'à **256 To par partition**.
- Le GPT fonctionne de pair avec l'**UEFI**, au même titre que le MBR fonctionne de pair avec le BIOS. Mais **contrairement au MBR, le GPT ne contient pas de code d'amorçage**.

GPT+UEFI vs MBR+BIOS

- Le GPT fonctionne de pair avec l'**UEFI**, au même titre que le MBR fonctionne de pair avec le BIOS. Mais **contrairement au MBR, le GPT ne contient pas de code d'amorçage**.
 - L'UEFI+GPT fonctionne différemment : l'UEFI charge **directement** le chargeur d'amorçage (bootloader) du système d'exploitation, enregistré **sous la forme d'un fichier .efi** sur la partition EFI du disque GPT. Par exemple, Windows Boot Manager (le bootloader de Windows) est situé dans le répertoire \EFI\Microsoft\Boot sous le nom « bootmgfw.efi ».
 - Si aucun fichier .efi n'est spécifié dans l'ordre d'amorçage, l'UEFI recherchera par défaut un fichier \EFI\Boot\bootx64.efi sur chaque disque GPT.



OS : **Reconnaissance de GPT**

- Le principal problème de GPT, c'est sa **prise en charge par les OS** :
 - GPT n'est utilisable qu'avec certains systèmes
 - Windows **XP** dans sa version **32 bits ne prend pas en charge GPT**
 - GPT fonctionne sous Mac OS X (depuis 10.4), tous les Linux
 - Windows Vista et 7 peuvent **lire** des disques partitionnés en GPT, que ce soit les versions 32 ou 64 bits
 - Avec Windows XP, seules les (rares) versions 64 bits prennent en charge GPT, et uniquement dans certains cas, les disques durs externes étant par exemple obligatoirement dotés d'un MBR.
- **GPT est la norme** sur les nouveaux matériels depuis plusieurs années.

Problème de **démarrage de GPT**

- Le vénérable **BIOS n'est en effet pas prévu pour démarrer sur autre chose qu'un MBR** et, en dehors de Linux, il est impossible de démarrer un ordinateur doté d'un BIOS sur un disque dur partitionné en GPT.

GPT only with Standard UEFI

- Pour démarrer en GPT, il faut (généralement) une machine dotée d'un **EFI, respectivement UEFI**.
 - Attention, **seuls les systèmes Windows 64 bits sont capables de démarrer avec de l'UEFI**, donc un Windows 7 32 bits (par exemple) pourra lire un disque dur en GPT mais pas démarrer dessus, même avec une machine en UEFI.
 - En pratique, les PC sont quasiment tous livrés en UEFI.

Conversion entre MBR et GPT

- Windows
 - Toute les partitions doivent être effacées avant de procéder à la conversion
- Linux
 - Opération possible sans perte de données
 - Sauvegarde des données recommandées néanmoins
- Autres logiciels disponibles
 - Gratuit pour utilisation privée
 - <https://www.paragon-software.com/home/pm-express>



Quizz GPT

- Quelles versions de Windows peuvent **lire** un disque GPT ?
 - *Toutes les versions 32 bits et 64 bits de Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Windows 8.1 et Windows 10 ; et Windows XP Professionnel Édition 64 bits.*
- Quelles versions de Windows peuvent **démarrer** sur un disque GPT ?
 - *Toutes les versions versions 64 bits de Windows Vista SP1, Windows 7, Windows 8, Windows 8.1 et Windows 10.*
 - *Aucune version 32 bits de Windows, ni Windows XP Professionnel Édition 64 bits, ne peut démarrer sur un disque GPT.*
- Peut-on **utiliser à la fois** un disque MBR et un disque GPT sur Windows ?
 - *Oui*

Quizz GPT

- Peut-on convertir un disque MBR en GPT et inversement ?
 - *Oui. Ces tutoriels vous seront sûrement utiles :*
 - <https://lecrabeinfo.net/convertir-un-disque-gpt-en-mbr-sur-windows-10-8-ou-7.html>
 - <https://lecrabeinfo.net/comment-convertir-un-disque-dur-ssd-mbr-en-gpt-sur-windows-10-8-et-7.html>
- A quoi ressemble un disque GPT sur lequel on installe **Windows** ?
 - *Lorsque vous installez Windows en mode UEFI/GPT, l'installeur de Windows crée :*
 - une partition **Système EFI** (EFI System Partition ou ESP) ;
 - une partition **Réservé Microsoft** (Microsoft Reserved Partition ou **MSR**) ;
 - une partition **Windows** ;
 - une partition **Récupération** (Windows **Recovery** Environment ou WinRE, l'Environnement de récupération Windows)

Disk 0 default partition layout (UEFI-based PCs)



50

Récapitulatif MBR vs GPT

MBR	GPT
Ancienne table de partitions	Nouvelle table de partitions
Lecture : toutes les versions de Windows	Lecture : Windows Vista, 7, 8 et 10
Démarrage : toutes les versions de Windows	Démarrage : uniquement les versions 64 bits de Windows Vista, 7, 8 et 10
Jusqu'à 4 partitions primaires (ou 3 partitions primaires + 1 partition étendue permettant d'aller jusqu'à 128 partitions logiques)	Jusqu'à 128 partitions primaires
2 To maximum par partition	256 To maximum par partition

51

MBR et GPT: Lequel choisir

- Selon ce que vous souhaitez faire, voici le format à choisir pour votre disque (que ce soit un disque HDD ou un SSD) entre le MBR et le GPT :
 - Vous avez un PC BIOS : MBR.
 - Vous souhaitez installer Windows 7, 8 ou 10 en version 32 bits : MBR.
 - Vous avez un PC UEFI et vous souhaitez installer Windows 7, 8 ou 10 en version 64 bits : GPT.
 - Vous voulez créer des partitions de plus de 2 To sur votre disque : GPT.
 - Vous souhaitez créer plus de 4 partitions sur votre disque : GPT.