

COURS

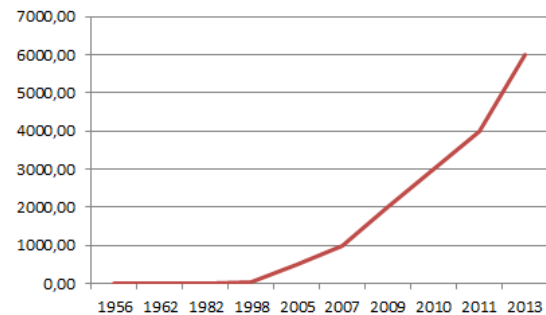
Stockage de données

L'objectif de cette activité est de comprendre le principe de fonctionnement d'un disque dur et le principe de redondance des disques (RAID).

1 – Historique

- 1956 – 1^{er} disque dur de 5 Mo – IBM
- 1962 – disque de 28 Mo – IBM
- 1982 – disque de 1 Go – Hitachi
- 1998 – disque de 25 Go – IBM
- 2005 – disque de 500 Go – Hitachi
- 2007 – disque de 1 To – Hitachi
- 2010 – disque de 3 To – Seagate
- 2014 – disque de 8 To – Seagate
- 2015 – disque de 10 To – HGST (Hitachi)
- 2019 – disque de 16 To – Seagate
- 2020 – disque de 18 To – Seagate

Évolution de la capacité de stockage



Axe y : valeur en Go

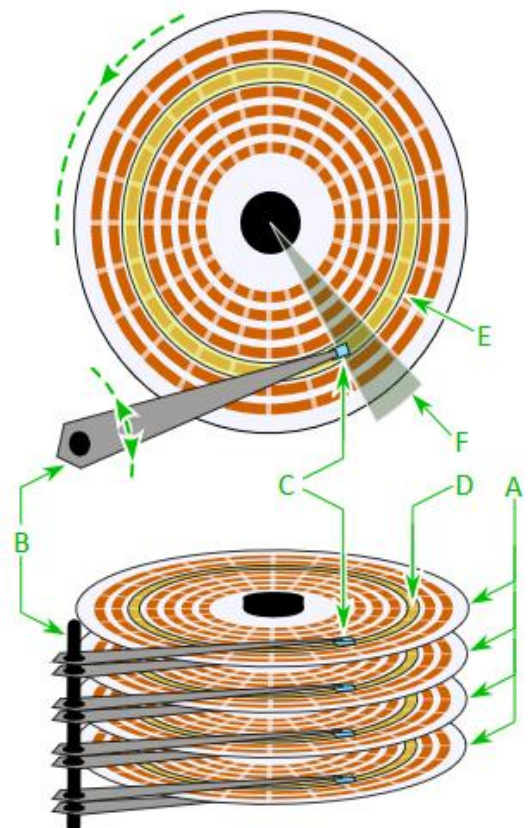
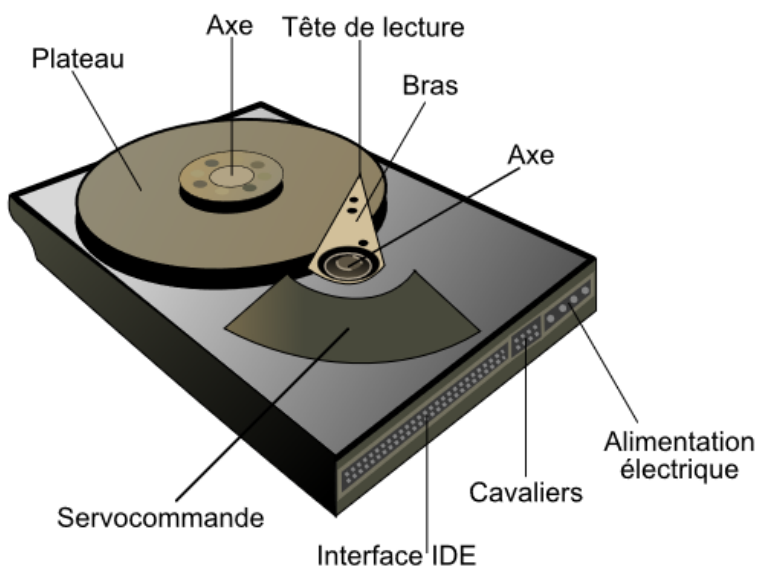
2 – Taille standard d'un disque dur

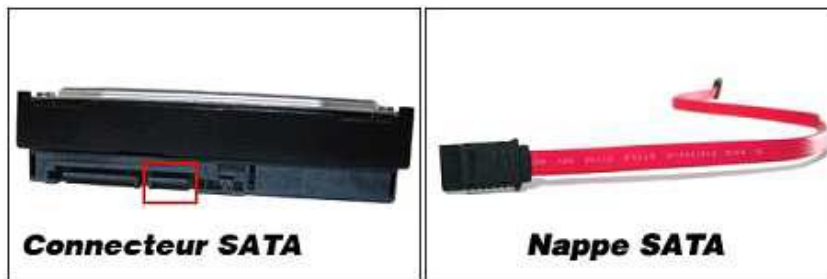
- Tours PC : 3.5 pouces – vitesse
- Ordinateurs portables : 2.5 pouces
- Appareils mobiles : 1.8 pouces

3 – Constitution du disque dur

On y trouve :

- Plusieurs plateaux circulaires.
- 1 tête de lecture / écriture par face du plateau.
- 1 bras pour déplacer toutes les têtes.
- 1 connecteur alimentation
- 1 connecteur DATA (PATA – SATA – SCSI - ...).





Taux de transfert

- **SATA 1.0** (SATA 1.5 Gbit/s environ 187,5 Mo/s) : C'est la version la plus ancienne et la plus lente.
- **SATA 2.0** (SATA 3 Gbit/s environ 375 Mo/s) : SATA 2.0, a doublé la vitesse de transfert.
- **SATA 3.0** (SATA 6 Gbit/s environ 750 Mo/s) : La troisième version, SATA 3.0, a encore doublé la vitesse de transfert par rapport à SATA 2.0. C'est l'une des versions les plus couramment utilisées dans les disques durs et les SSD modernes.
- **SATA 3.2** (SATA 16 Gbit/s environ 2 Go/s) : Cette version a été annoncée mais n'est pas largement répandue.
- **SCSI (peu utilisé)** : inférieur à 640 Mo/s.

Veuillez noter que les débits réels que vous pouvez obtenir dépendent également d'autres facteurs, tels que les performances du disque dur ou du SSD, les performances du contrôleur SATA sur la carte mère et les éventuelles limitations du système.

Vitesse de rotation des plateaux (pas pour les SSD)

- Ordinateur portable : 5 400 tr/min
- Tours PC : 7 200 tr/min
- Serveurs : 15 000 tr/min

Durée de vie : 4 à 5 ans

Mémoire cache

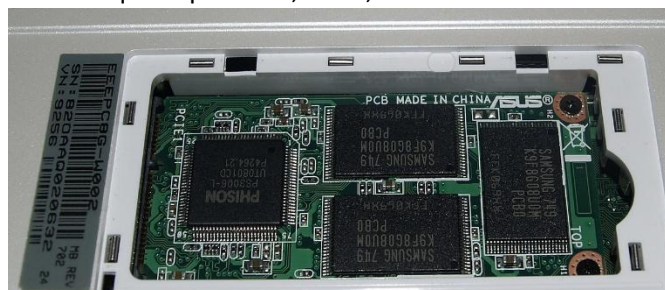
C'est une mémoire (rapide) présente sur le disque dur. Elle permet de stocker des données avant écriture sur le disque ou de mémoriser des données qui seront réutilisées.

4 – Disque SSD (Solid State Drive)

Pour gagner en rapidité, on supprime les éléments mécaniques : plateaux, têtes, bras.

On utilise de la mémoire FLASH :

- ⇒ Temps d'accès plus court.
- ⇒ Consommation plus faible.



Evolution :

- **Début des années 2000** : Les premiers SSD commerciaux faisaient leur apparition, quelques gigaoctets. Ils étaient principalement utilisés dans des applications industrielles et professionnelles.
- **Début années 2010** : Les capacités commencent à augmenter (entre 32 Go et 256 Go).
- **Milieu des années 2010** : Les capacités continuent de croître, de 500 Go à 1 To. Les options haut de gamme et professionnelles atteignent même 2 To.

- **Années 2017-2019** : Les SSD de 1 To sont devenus plus abordables et sont devenus le choix standard pour de nombreux utilisateurs. Les SSD NVMe (qui utilisent une interface plus rapide que SATA) ont commencé à gagner en popularité, offrant des performances encore meilleures.
- **Années 2020** : Les SSD NVMe ont continué à gagner en popularité et les capacités ont continué à augmenter. Des SSD de 2 To, 4 To voire plus sont devenus disponibles pour les consommateurs, bien que les modèles plus grands soient souvent réservés aux utilisateurs professionnels.
- **À partir de 2021** : Les modèles grand public offrent des capacités allant jusqu'à 8 To.

5 – Principe de la lecture / écriture des données (ne concerne pas le SSD)

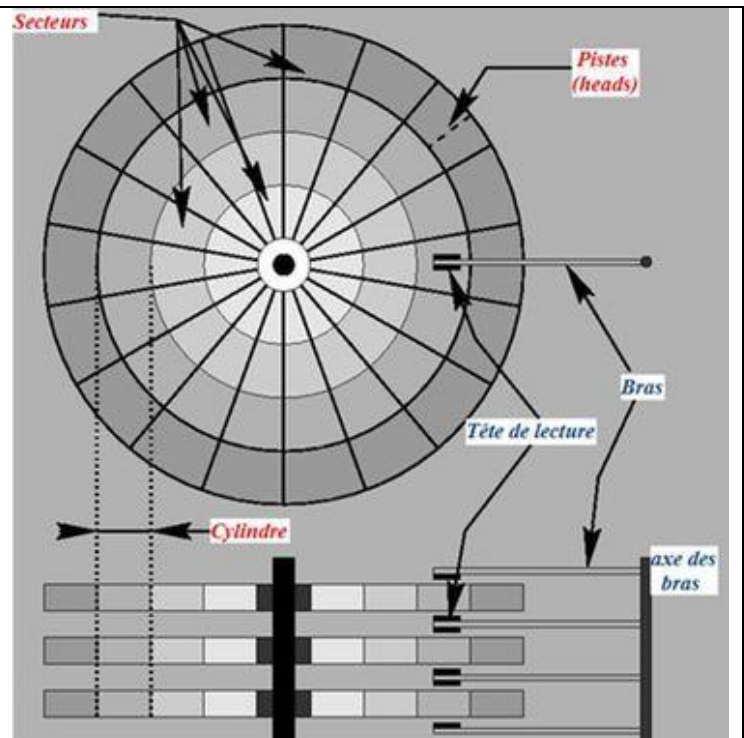
Le plateau est constitué de pistes concentriques.

- Les pistes situées à une même distance de l'axe de rotation forment un cylindre.
- La piste est divisée en secteurs (ou blocs) contenant les données.

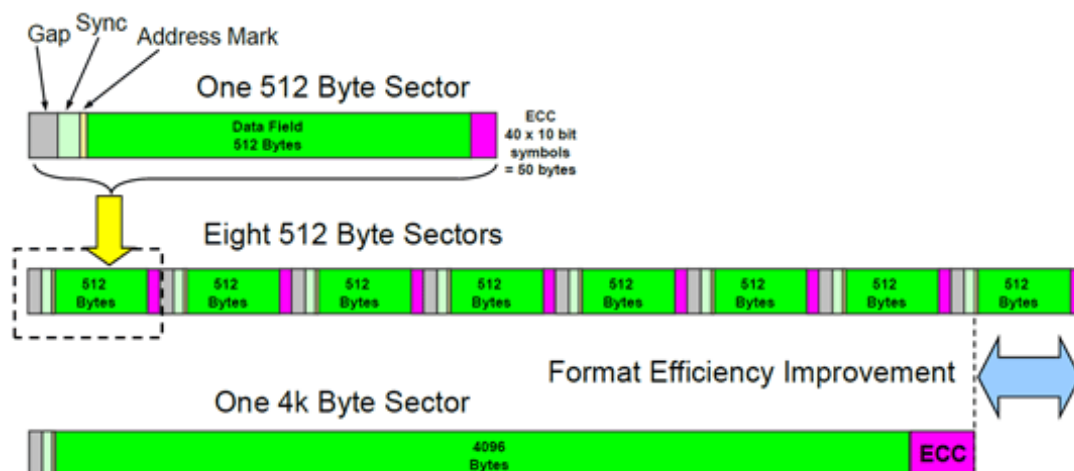
Pour lire des données, il faut lire un secteur. Ils sont numérotés de 0 à ... => **adresse LBA**

Elle est associée à trois coordonnées :

- 1 – Le numéro de piste (positionne le bras)
- 2 – Le numéro de la tête de lecture (choix de la face du plateau).
- 3 – Le numéro de bloc (ou secteur) sur cette piste (début de la lecture des données).



6 – Format d'un secteur (ne concerne pas le SSD)



Gap : C'est une zone vide laissée à la charge du contrôleur de disque (Basculement du mode lecture / écriture).

Sync (ou Servo) : Contient des tops de synchronisation pour synchroniser la tête de lecture et le contrôleur de disque.

Address Mark (ou ID) : Contient le numéro du bloc qui va suivre.

Données.

ECC : Somme de contrôle permettant de détecter et de corriger les erreurs. Permet aussi de mesurer le vieillissement du disque.

7 - Calcul de la capacité d'un disque dur (ne concerne pas le SSD)

Capacité d'un disque dur = nbr de cylindres x nbr têtes x nbr de secteurs par piste x nbr d'octets par secteur.

nbr de cylindres = **C** nbr têtes = **T** nbr de secteurs par piste = **S** nbr d'octets par secteur = **O**

donc

Capacité = S.C.O.T

ou **Capacité = T.O.C.S**

Exemple - Caractéristiques du disque :

- 63 secteurs / piste
- 256 têtes de lecture
- 1023 cylindres
- 512 octets / secteur

$$\begin{aligned}\text{CAPACITE} &= S . C . O . T \\ &= 63 \times 10011 \times 512 \times 256 \\ &= \mathbf{8.45 \text{ Go}} \\ &= \mathbf{7.86 \text{ Gio}}\end{aligned}$$

Cluster : une unité de stockage

Les secteurs (512 octets) sont regroupés en cluster.

Exemple :

Un cluster de 8 secteurs permet d'avoir une unité de stockage de 4 ko (8 x 512 octets).

Un fichier de 18 ko utilisera 5 clusters de 4ko.

Un fichier de 1ko utilisera 1 cluster de 4 ko.

Cinq fichiers de 1 ko utiliseront la même place qu'un fichier de 18ko.

⇒ Le choix de la taille du cluster est important lors du formatage du disque.

8 – Formats : FAT16 / 32 – NTFS – XFS – Ext 3 - ...

FAT – File Allocation Table

C'est un tableau où on référence tous les clusters du disque. Chaque entrée du tableau indique une des trois valeurs :

- Cluster libre ;
- Cluster défectueux ;
- Cluster utilisé.

Lorsque l'on enregistre un fichier, les données sont réparties sur plusieurs clusters. Dans ce cas, le cluster contient une partie des données mais aussi l'index du cluster suivant.

Format	OS	Nbr clusters	Taille cluster	Taille maxi d'un fichier	Taille max disque
FAT 16	Windows	2 ¹⁶	De 512 octets à 64 ko	Inférieur à 2Go	Inférieur à 2 Go
FAT 32		2 ³²		4 Go	Inférieur à 2 To
NTFS		2 ³²		16 To	Inférieur à 256 To
XFS	Linux			8 Eo	Inférieur à 16 Eo
Ext 3			Inférieur à 8 ko	De 16 Go à 2 To	Inférieur à 32 To

9 – Sécurisation des données

La sécurisation des données passe obligatoirement par :

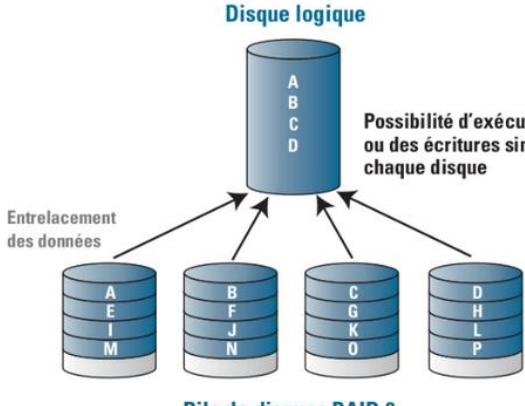
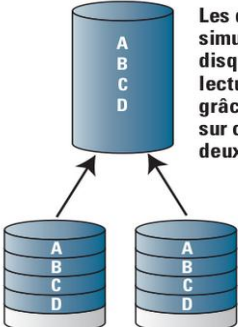
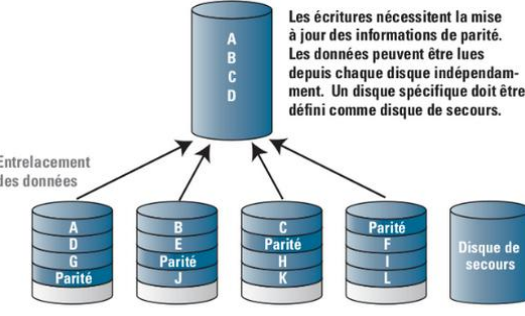
- **La redondance du matériel** : redondance des disques (RAID), redondance des serveurs, ...
- **La sauvegarde** : sauvegarde incrémentale (on ne sauvegarde que les modifications depuis la dernière sauvegarde) par jour et une sauvegarde complète par semaine.
- **La mise à jour** des systèmes et des applications pour se prémunir des failles de sécurité.
- **La protection de l'accès** : DMZ, mot de passe, local sécurisé, ...

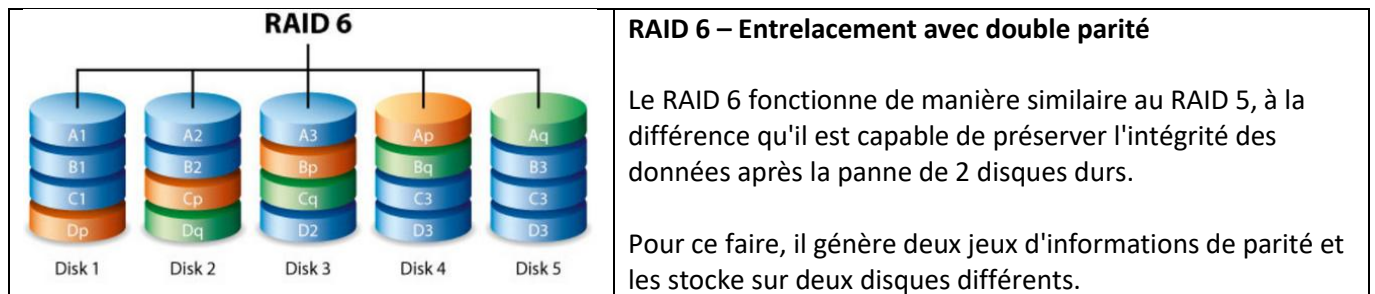
10 – Redondance des disques

RAID

Le système RAID prend les données normalement stockées sur un seul disque et les répartit sur plusieurs disques. Si l'un des disques est défaillant, l'utilisateur peut récupérer les données à partir des autres disques.

Comparaison des niveaux RAID (les RAID 2, 3 ou 4 sont peu ou pas utilisés)

 Disque logique A B C D Possibilité d'exécuter des lectures ou des écritures simultanées sur chaque disque Entrelacement des données Pile de disques RAID 0	RAID 0 – (Striping – Entrelacement) Offre un niveau de performances optimal à bas coût, mais aucune tolérance aux pannes ; la défaillance d'un seul disque entraîne la perte de TOUTES les données. La capacité utilisable de RAID 0 est de 100 %, puisque tous les disques disponibles sont utilisés.
 Disque logique A B C D Les données sont écrites simultanément sur les deux disques. Les requêtes de lecture peuvent être satisfaites grâce à la lecture des données sur chaque disque ou sur les deux disques.	RAID 1 – Ecriture Miroir Offre un haut niveau de tolérance aux pannes, à un prix abordable, pour les configurations comprenant deux disques ou deux grappes de disques. La capacité utilisable de RAID 1 correspond à 50 % des disques disponibles dans l'ensemble RAID.
 Disque logique A B C D Les écritures nécessitent la mise à jour des informations de parité. Les données peuvent être lues depuis chaque disque indépendamment. Un disque spécifique doit être défini comme disque de secours. Entrelacement des données Pile de disques RAID 5	RAID 5 – Entrelacement avec parité RAID 5 est devenu la référence pour les environnements de serveurs nécessitant une capacité de tolérance aux pannes. Les performances en lecture sont donc excellentes, mais les écritures sont pénalisées en ce que les données de parité doivent être recalculées et enregistrées en même temps que les nouvelles données. Les configurations RAID 5 nécessitent un minimum de trois disques et un maximum de seize disques. La capacité RAID 5 utilisable est comprise entre 67 % et 94 %, en fonction du nombre de disques de données dans l'ensemble RAID.



TD

Mon auto-évaluation

- 1 – Pourquoi utilise-t-on de la mémoire cache sur un disque dur ?
- 2 – Pour quelles raisons, un disque SSD est plus rapide qu'un disque dur classique ?
- 3 – Pourquoi utilise-t-on des adresses LBA ?
- 4 – Comment calcule-t-on la capacité d'un disque dur ?
- 5 – Quelle est la signification du mot "cluster" ?

Exercice 1

Calculer la capacité d'un disque dur :

- 63 secteurs / piste - 256 têtes de lecture - 120000 cylindres - 512 octets / secteur

Exercice 2

On dispose de cluster de 16 ko (16384 octets). Combien a-t-on de secteurs par cluster ?

La taille moyenne des fichiers sauvegardés sur le disque est de 624 ko. Calculer le nombre de cluster nécessaires pour sauvegarder un fichier sur le disque dur.

Calculer l'espace disque perdu pour un disque de 1 To.

Quelle taille de cluster faut-il choisir pour optimiser l'espace disque ?

Exercice 3

Compléter le tableau listant les niveaux de RAID, les capacités obtenues et la tolérance aux pannes.

Type de RAID	Nombre de disques de 2 To	Capacité théorique du disque virtuel créé	Tolérance aux pannes (nb de disques pouvant tomber en panne)
RAID 0	2		
RAID 1	2		
RAID 0+1	4		
RAID 1+0	4		
RAID 5	6		
RAID 6 (n=2)	6		