



iNFO

ILIT

**GRAND OUEST
NORMANDIE**

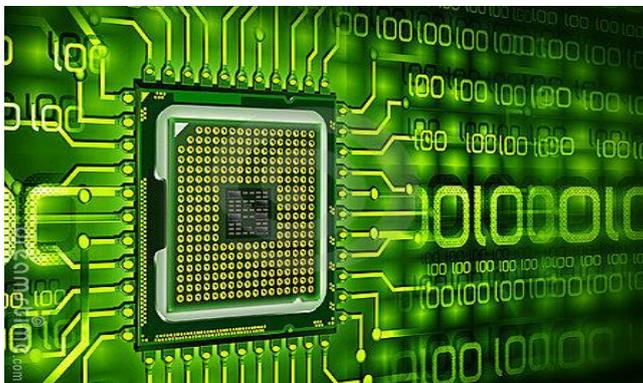
R 1.03

2024 - 2025

Introduction à l'architecture des ordinateurs

Corrigé du TD n° 4

**Bases de
L'ordinateur**



ANNE Jean-François

Le but de ce TD est de se familiariser avec les transferts d'informations sur un PC.

A. Le Bus :

1°) Exercice 1 : Performance de Bus :

Le bus d'un PC, fonctionnant à une fréquence de 133 MHz, nécessite 4 cycles pour lire un mot mémoire.

- Est-ce un bus synchrone ou asynchrone ? Justifiez votre réponse.

Comme il y a une fréquence d'horloge le bus est synchrone.

- La taille d'un mot mémoire étant de 64 bits, calculez la bande passante de ce bus en bits/s et en octets/s.

$$BP = 64 \times \frac{133 \cdot 10^6}{4} = 2128 \cdot 10^6 \text{ b/s} = \frac{2128}{8} \cdot 10^6 \text{ o/s} = 266 \text{ Mo/s}$$

2°) Exercice 2 : débit de bus carte graphique :

- Calculez la bande passante de bus nécessaire à un écran VGA couleur (640x480) pour afficher une vidéo à 50 et 60 images/seconde. Chaque pixel se voit attribuer une couleur parmi une palette fixe de 16 couleurs choisies parmi 262 144 possibles.

$$BP_{50} = 800 \times 600 \times 50 \times 4 = 96 \cdot 10^6 \text{ b/s} = \frac{96}{8} \cdot 10^6 \text{ o/s} = 12 \text{ Mo/s}$$

$$BP_{60} = 800 \times 600 \times 60 \times 4 = 115,2 \cdot 10^6 \text{ b/s} = \frac{115,2}{8} \cdot 10^6 \text{ o/s} = 14,4 \text{ Mo/s}$$

- Soit un moniteur connectable par le bus USB sur un ordinateur. Le bus USB a un débit de 1,5 Mo/s. Avec un taux de rafraîchissement de 25 images/seconde et des images en noir et blanc, quelle résolution pourrait-on obtenir sur ce moniteur ?

Les différentes normes d'affichage en VGA

Format d'affichage vidéo	Définition (L x H)	Pixels (en millions)	Ratio (largeur/hauteur)	Dimension typique de l'écran
QVGA	320 x 240	0,08	1,33	2,8" / 7,11 cm
VGA	640 x 480	0,31	1,33	
SVGA	800 x 600	0,48	1,33	
XGA	1024 x 768	0,79	1,33	15" / 38 cm
XGA+	1152 x 864	1	1,33	17" / 43 cm
SXGA	1280 x 1024	1,31	1,25	17-19" / 43-48 cm
SXGA+	1400 x 1050	1,47	1,33	
UXGA	1600 x 1200	1,92	1,33	20" / 51 cm
QXGA	2048 x 1536	3,15	1,33	

$$Res_{USB} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \times 8}{25} = 480 \cdot 10^3 \text{ bits}$$

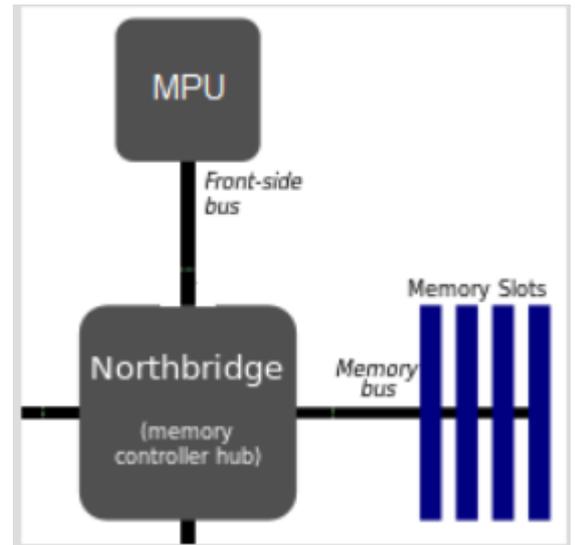
Soit une image de 800x600 pixels en noir et blanc

B. Carte Mère :

a) Chipset Nord

Un Microprocesseur est connecté au Northbridge à travers un bus FSB de largeur de 64 bits, opérant à une fréquence de 100 MHz et effectuant 4 transferts par cycle. Le Northbridge est connecté à une carte mémoire DDR SDRAM. Cette carte a une fréquence de 250 MHz, et un bus de 64 bits. Elle réalise 2 transferts par cycle.

- *Quel est le débit maximal de donnée entre le Microprocesseur et la RAM ?*



Débit = « largeur du bus » × « nombre de cycles par seconde » × « nombre de transferts par cycle »

$$\text{Débit FSB} = 64/8 \times 100 \cdot 10^6 \times 4 = 3200 \text{ Mo/s} = 3,2 \text{ Go/s}$$

$$\text{Débit Bus Mémoire} = 64/8 \times 250 \cdot 10^6 \times 2 = 4000 \text{ Mo/s} = 4 \text{ Go/s}$$

Débit Maximal entre le processeur et la mémoire est 3,2 Go/s

C. Stockage :

1°) Exercice 1 : Vidéos

Sachant que nous voulons stocker dans une base de données des séquences vidéo sonores, l'administrateur de la base de données nous demande de faire une étude qui devra nous permettre de choisir une solution matérielle en termes de supports de stockage.

Ces séquences vidéo auront une durée moyenne de 10 secondes et concerneront 1000 enregistrements.

Nous disposons des informations suivantes :

Carte d'acquisition vidéo :

- Images 800 × 600 en 65 000 couleurs ;
- 25 images par seconde ;
- Taux de compression 1 pour 4 (4 octets occupent 1 octet après compression).

Carte sonore :

- Échantillonnage du son à 44 kHz qualité 8 bits en mono.

Travail à Réaliser

1. Déterminez l'espace disque nécessaire pour stocker ce complément de données (images animées et son). Vous exprimerez les résultats dans des unités de mesure cohérentes en prenant soin de détailler vos calculs.

Calcul de la taille en octet d'une séquence vidéo sonore de 10 secondes :

a) Partie vidéo :

Pour obtenir une image en 65000 couleurs nous devons coder chaque pixel sur 16 bits ($2^{16} = 65\,536$) soit 2 octets. La résolution de chaque image est de 800 pixels par 600 pixels.

Chaque image nécessite donc :

$$800 \times 600 \times 2 = 960\,000 \text{ octets}$$

Le débit étant de 25 images par seconde, chaque seconde de séquence vidéo nécessite donc :

$$960\,000 \times 25 = 24\,000\,000 \text{ octets}$$

Soit 24 000 000 octets pour 10 secondes (228,8 Mio)

Après compression de 1 pour 4 nous obtenons :

$$24\,000\,000 / 4 = 6\,000\,000 \text{ octets (57,2 Mio)}$$

b) Partie audio :

L'échantillonnage est une technique qui consiste à coder sous forme numérique un son analogique. Un échantillonnage à 44 kHz sur 8 bits en mono signifie que le son analogique est échantillonné en 44 000 prises de valeurs par seconde, chaque prise de valeur est ramenée à un entier codé sur un octet (codage 8bit mono).

1 seconde nécessite donc 44 000 octets.

Pour 10 secondes on obtient 440 000 octets (429 Kio)

Un séquence vidéo sonore de 10 secondes nous donne :

$$6\,000\,000 + 440\,000 = 6\,440\,000 \text{ octets (57,64 Mio)}$$

pour 1 000 enregistrements on obtient :

$$6\,440\,000 \times 1000 = 6\,440\,000\,000 \text{ octets, soit 56,28 Gio}$$

- Sachant que nous disposons d'un disque avec un espace libre de 2 Go sur le serveur, vous proposerez, s'il y a lieu, les investissements nécessaires afin de supporter ce surcroît de données en tenant compte des contraintes sur les temps d'accès qu'implique ce type de données.

Nous remarquerons que la place disponible est insuffisante et qu'il faudra ajouter un disque dur.

Pour un volume de ce type et les contraintes de temps d'accès, nous aurions besoin d'utiliser un disque de très grande capacité (16 To en HDD ou 2 To en SSD) connecté sur une interface SATA III permettant une extensibilité plus souple et une vitesse de transfert satisfaisante pour l'avenir.

2°) Exercice 2 : Disque Dur : Capacité :

Nous disposons d'un disque dur ayant 1020 cylindres, 63 secteurs par piste, 512 octets par secteur et 250 têtes, une vitesse de rotation de 7200 tours/minute, un temps de déplacement moyen de 8ms et un temps de déplacement minimal de 2ms.

- Calculer la capacité d'un cylindre, d'un plateau et de la totalité du disque.

Taille d'un cylindre :

$$T_{\text{Cyl}} = 63 \times 250 \times 512 = 8\,064\,000 \text{ octets} = 7,69 \text{ Mibio}$$

Taille du plateau (2 faces) :

$$T_{Pl} = 63 \times 1020 \times 512 \times 2 = 65\,802\,240 \text{ octets} = 62,754 \text{ Mibio}$$

Taille du disque :

$$T_{Disk} = 63 \times 1020 \times 250 \times 512 = 8225280000 \text{ octets} = 7,66 \text{ Gibio}$$

3°) Exercice 3 : Disque Dur :

- Quelle est la capacité d'un disque dur ayant 4 têtes, 2 plateaux, 6 pistes, 6 cylindres, 4 secteurs et des blocs de données de 8 bytes ?

Correction : Pour calculer la capacité d'un disque dur, on utilise l'équation suivante :

Capacité = nombre de têtes × nombre de cylindres × nombre de secteurs × taille d'un bloc de données

Capacité = nombre de têtes × nombre de cylindres × nombre de secteurs × taille d'un bloc de données

Nombre de têtes = 4 têtes

Nombre de cylindres = 6 cylindres (Chaque cylindre correspond à une piste par tête)

Nombre de secteurs par piste = 4 secteurs

Taille d'un bloc de données = 8 bytes

On remplace dans la formule :

$$\text{Capacité} = 4 \times 6 \times 4 \times 8 = 768 \text{ bytes}$$

Donc, la capacité totale du disque dur est 768 bytes.

- Un disque dur a une capacité de 1 Gigaoctet. Sachant que ce disque dur a 8 surfaces (4 plateaux), 256 pistes par surface et 64 secteurs, quelle est la taille d'un bloc de données sur ce disque ?

Solution : Taille de bloc = capacité / (#surface × #pistes × #secteurs)

$$\text{Taille de bloc} = 230 / (23 \times 28 \times 26) \text{ octets} = 213 \text{ octets ou } 8 \text{ Ko.}$$

Correction : On peut utiliser une approche similaire pour cette question.

Capacité' = nombre de surfaces × nombre de pistes par surface × nombre de secteurs par piste × taille d'un bloc de données

Capacité totale = 1 Go = 1×10^9 bytes (ici pas de distinction entre Gio et Go pour simplifier)

Nombre de surfaces = 8

Nombre de pistes par surface = 256

Nombre de secteurs par piste = 64

La taille d'un bloc de données peut être calculée comme :

taille d'un bloc de données = Capacité totale / nombre de surfaces × nombre de pistes × nombre de secteurs

$$\text{taille d'un bloc de données} = 1 \times 10^9 / 8 \times 256 \times 64$$

Bases de l'Informatique : Architecture matérielle

taille d'un bloc de données = $1 \times 10^9 / 131072 \approx 7.63$ KB

Donc, la taille d'un bloc de données sur ce disque dur est 7.63 KB (kilooctets).

- Un disque dur qui tourne à 240 rpm (tour par minute !) a des pistes divisées en 5 secteurs. Quel est le temps moyen pris pour lire 2 blocs de données contigus sur ce disque dur sachant que le temps de déplacement moyen des têtes de lecture est de 100ms ?

Correction :

La vitesse de rotation est de 240 tours par minute (rpm), ce qui correspond à :

Vitesse de rotation = $240 \text{ tours} / 60 \text{ secondes} = 4 \text{ tours par seconde}$

Le temps pour faire un tour complet est :

Temps par tour = $1/4 \text{ s} = 250 \text{ ms}$

Le disque a 5 secteurs par piste, donc le temps pour lire un secteur est :

Temps par secteur = $250/5 \text{ ms} = 50 \text{ ms}$

Pour lire deux blocs de données contigus, cela implique la lecture de deux secteurs. Le temps moyen pour lire les deux secteurs est donc de :

Temps de lecture pour 2 secteurs = $50 \text{ ms} + 50 \text{ ms} = 100 \text{ ms}$

Le temps total est la somme du temps de déplacement des têtes (100 ms) et du temps de lecture :

Temps total = $100 \text{ ms} + 100 \text{ ms} = 200 \text{ ms}$

Donc, le temps moyen pris pour lire 2 blocs de données contigus est 200 ms.

- Un disque dur qui tourne à 6000 rpm (tours par minute !). Sachant que la tête de lecture prend en moyenne 10ms pour rejoindre la piste à lire, sachant que le temps moyen de lecture d'un bloc de données situé à un endroit aléatoire du disque est 16ms, combien de secteurs ce disque dur a-t-il ?

Correction :

Le temps de rotation d'un tour complet est :

Temps par tour = $60 \text{ secondes} / 6000 \text{ tours} = 0.01 \text{ secondes} = 10 \text{ ms}$

Sachant que le temps total pour lire un bloc de données aléatoire est composé de trois parties :

Le temps de déplacement des têtes (10 ms)

Le temps de latence moyenne (la moitié du temps d'un tour, car en moyenne la tête de lecture doit attendre la moitié d'un tour pour arriver au bon secteur) :

Temps de latence moyenne = $10/2 = 5 \text{ ms}$

Le temps de lecture du bloc lui-même (16 ms)

Le temps total est donné comme étant 16 ms, ce qui implique que :

Temps total = Temps de déplacement + Temps de latence + Temps de lecture du bloc

$16 \text{ ms} = 10 \text{ ms} + 5 \text{ ms} + \text{Temps de lecture du bloc}$

Ainsi, le temps de lecture réel du bloc est de 1 ms.

Bases de l'Informatique : Architecture matérielle

Maintenant, pour déterminer le nombre de secteurs, nous pouvons utiliser le fait que le disque prend 10 ms pour faire un tour complet. Si un secteur prend 1 ms à lire, le nombre total de secteurs par tour est :

$\text{Nombre de secteurs} = 10 \text{ ms} / 1 \text{ ms} = 10 \text{ secteurs}$

Donc, le disque dur a 10 secteurs par piste.

- Pourquoi les données sont-elles lues à vitesse linéaire constante sur CD alors qu'elles le sont à vitesse angulaire constante pour un Disque dur ?

Solution : Correction :

Vitesse linéaire constante (CLV) : Sur un CD, les données sont gravées de manière à ce que la vitesse à laquelle les données passent sous la tête de lecture soit constante, quelle que soit la position de la tête (centre ou bord du disque). Cela garantit un débit constant de données, essentiel pour les médias tels que la musique ou les vidéos, où un flux continu de données est nécessaire.

Vitesse angulaire constante (CAV) : Sur un disque dur, la vitesse de rotation reste constante (exprimée en tours par minute). Cela simplifie la conception mécanique et permet d'accéder plus rapidement aux données, surtout que les pistes vers le bord contiennent plus de données que celles au centre. Ainsi, la vitesse de lecture varie en fonction de la position de la tête sur le disque.

\Rightarrow Disque dur = cylindre et CD = spirale

- Qu'est-ce qu'un disque dur SSD ?

Correction : Un Solid State Disk est un disque dur fait avec de la mémoire FLASH plutôt qu'avec un disque magnétique. Un disque dur SSD est très rapide en lecture par rapport à un disque dur conventionnel avec une cache. Il est plus dispendieux (pour une capacité identique) et il s'use plus vite en écriture.

Un SSD (Solid-State Drive) est un dispositif de stockage qui utilise de la mémoire flash pour stocker les données, contrairement aux disques durs classiques (HDD) qui utilisent des plateaux magnétiques et des têtes de lecture/écriture. Les SSD offrent plusieurs avantages :

- *Pas de pièces mécaniques en mouvement, ce qui les rend plus rapides et plus fiables.*
- *Temps d'accès très court (quelques microsecondes).*
- *Consommation d'énergie réduite et meilleure résistance aux chocs.*

En revanche, ils sont généralement plus coûteux par gigaoctet que les HDD classiques.

4°) Exercice 4 : Disque Dur : Temps d'accès :

Rappel :

Le temps d'accès (ou le temps moyen d'accès) est le temps moyen entre la demande de lecture d'un secteur et la mise à disposition du résultat sur l'interface :

$\text{Temps d'accès (moyen)} = \text{Temps de déplacement moyen} + \text{Temps (moyen) de latence} + \text{Temps de lecture d'un secteur}$

Le temps de latence (moyen) représente la durée d'attente d'un demi-tour de disque une fois sur la bonne piste.

Pour la série de disques durs IBM GXP 75,

Calculer le temps d'accès moyen, sachant que :

- le temps de déplacement vaut : 8,5 ms,
- le nombre de cylindres est 16383,
- le nombre de secteurs est 63,
- chaque secteur contient 512 octets et
- la vitesse de rotation du disque vaut 7200 tours/min.

Étapes de calcul :

1. Temps de déplacement (seek time)

Le temps de déplacement est fourni et vaut 8,5 ms.

2. Temps de latence moyenne

La vitesse de rotation du disque est de 7200 tours par minute (rpm). Pour obtenir le temps d'un tour complet, on convertit cette vitesse en tours par seconde (tours/s) et en ms :

Tours par seconde = $7200 \text{ tours/min} / 60 \text{ secondes/min} = 120 \text{ tours/s}$

Le temps pour un tour complet est donc :

Temps par tour complet = $1 \text{ seconde} / 120 \text{ tours/s} = 8,33 \text{ ms}$

La latence moyenne correspond à la moitié d'un tour, car en moyenne, la tête devra attendre la moitié du tour pour accéder au secteur recherché :

Temps de latence moyenne = $8,33 \text{ ms} / 2 = 4,17 \text{ ms}$

3. Temps d'accès moyen

Le temps d'accès moyen est la somme du temps de déplacement et du temps de latence moyenne :

Temps d'accès moyen = Temps de déplacement + Temps de latence moyenne

4. Temps de lecture d'un secteur

Chaque secteur contient 512 octets, et nous devons calculer le temps nécessaire pour lire un secteur en fonction de la vitesse de rotation du disque.

La vitesse de rotation est de 7200 tours par minute (rpm), ce qui correspond à 120 tours par seconde (comme calculé plus tôt).

Chaque tour couvre 63 secteurs (comme spécifié).

Le temps pour un tour complet est 8,33 ms.

Ainsi, le temps pour lire un secteur est :

Temps de lecture d'un secteur = $8,33 \text{ ms} / 63 \approx 0,1322 \text{ ms}$

5. Temps d'accès moyen complet

Le temps d'accès moyen complet est donc la somme des trois composantes :

Le temps de déplacement des têtes : 8,5 ms

Le temps de latence moyenne : 4,17 ms

Le temps de lecture d'un secteur : 0,1322 ms

Temps d'accès moyen total=8,5 ms+4,17 ms+0,1322 ms=12,8022 ms

Résultat final :

Le temps d'accès moyen total du disque dur est donc de 12,80 ms.

5°) **Exercice 5 : Disque Dur : Importance du Temps d'accès :**

Prenons 2 disques aux caractéristiques suivantes :

Disque 1 :

Vitesse de rotation : 7200tr/mn
 Nombre de secteurs/piste : 32
 Octets /secteur : 512
 Temps de déplacement moyen : 9ms
 Temps de déplacement minimum : 3ms
 Nombre de plateaux : 128

Disque 2 :

Vitesse de rotation : 5400tr/mn
 Nombre de secteurs/piste : 32
 Octets /secteur : 512
 Temps de déplacement moyen : 4ms
 Temps de déplacement minimum : 2 ms
 Nombre de plateaux : 128

■ **Calculer le débit de chaque disque.**

Le débit est défini par le nombre d'octets qu'un disque peut lire par seconde. Pour chaque disque, il faut d'abord calculer la vitesse de rotation en termes de tours par seconde, puis calculer le débit par piste.

Disque 1 :

Vitesse de rotation : $7200 \text{ tours/min} / 60 = 120 \text{ tours/s}$

Octets par piste : $\text{Nombre de secteurs/piste} \times \text{Octets/secteur} = 32 \times 512 = 16384 \text{ octets/piste}$

Débit : $120 \text{ tours/s} \times 16384 \text{ octets/piste} = 1966080 \text{ octets/s}$

Le débit du Disque 1 est donc de 1,97 Mo/s.

Disque 2 :

Vitesse de rotation : $5400 \text{ tours/min} / 60 = 90 \text{ tours/s}$

Octets par piste : $32 \times 512 = 16384 \text{ octets/piste}$

Débit : $90 \text{ tours/s} \times 16384 \text{ octets/piste} = 1474560 \text{ octets/s}$

Le débit du Disque 2 est donc de 1,47 Mo/s (en arrondissant).

■ **Calculer le temps d'accès de chaque disque (pour lire un secteur).**

Le temps d'accès pour lire un secteur comprend :

Le temps de déplacement moyen (seek time).

Le temps de latence (temps d'attente pour que la tête se positionne au bon secteur).

Le temps de lecture d'un secteur.

Temps de latence :

La latence moyenne est la moitié du temps d'un tour complet.

Disque 1 :

Vitesse de rotation = 120 tours/s, donc :

Latence moyenne = $12 \times 120 = 4,17$ ms

Disque 2 :

Vitesse de rotation = 90 tours/s, donc :

Latence moyenne = $12 \times 90 = 5,56$ ms

Temps de lecture d'un secteur :

Le temps pour lire un secteur est simplement le temps pris pour parcourir un secteur lors d'un tour complet.

Disque 1 :

Temps par tour = $1 / 120$ s = 8,33 ms.

Le disque a 32 secteurs/piste, donc :

Temps de lecture d'un secteur = $8,33$ ms / 32 $\approx 0,26$ ms

Disque 2 :

Temps par tour = $1 / 90$ s = 11,11 ms.

Le disque a 32 secteurs/piste, donc :

Temps de lecture d'un secteur = $11,11$ ms / 32 $\approx 0,35$ ms

Temps d'accès moyen pour lire un secteur :

Le temps d'accès total pour lire un secteur est donc la somme du temps de déplacement moyen, de la latence moyenne et du temps de lecture d'un secteur.

Disque 1 :

Temps d'accès moyen = 9 ms + $4,17$ ms + $0,26$ ms = $13,43$ ms

Disque 2 :

Temps d'accès moyen = 4 ms + $5,56$ ms + $0,35$ ms = $9,91$ ms

Faisons lire à chacun de ces disques un fichier de 5 Mo dispersé sur 1000 blocs de l'ensemble du disque dur.

- **Calculer le temps de lecture du fichier pour chaque disque. Qu'en concluez-vous ?**

Un fichier de 5 Mo dispersé sur 1000 blocs signifie que chaque bloc correspond à un fragment du fichier, et qu'il y a 1000 accès disques pour lire l'intégralité du fichier.

Taille d'un bloc = 5 Mo / 1000 = 5 Ko.

Chaque bloc occupe plusieurs secteurs. Puisque chaque secteur contient 512 octets :

Nombre de secteurs par bloc = 5 Ko / 512 octets = 10 secteurs

Le temps de lecture total pour lire un fichier dispersé est donc la somme des temps d'accès pour chaque bloc et des temps de lecture pour chaque secteur de chaque bloc.

Disque 1 :

Temps d'accès pour un bloc = Temps d'accès pour lire un secteur = 13,43 ms

Temps de lecture de 10 secteurs = $10 \times 0,26 \text{ ms} = 2,6 \text{ ms}$

Temps total pour un bloc = Temps d'accès + Temps de lecture = $13,43 + 2,6 = 16,03 \text{ ms}$

Temps total pour 1000 blocs = $16,03 \text{ ms/bloc} \times 1000 = 16030 \text{ ms} = 16,03 \text{ secondes}$

Disque 2 :

Temps d'accès pour un bloc = 9,91 ms

Temps de lecture de 10 secteurs = $10 \times 0,35 \text{ ms} = 3,5 \text{ ms}$

Temps total pour un bloc = $9,91 + 3,5 = 13,41 \text{ ms}$

Temps total pour 1000 blocs = $13,41 \text{ ms/bloc} \times 1000 = 13410 \text{ ms} = 13,41 \text{ secondes}$

Conclusion :

- Le Disque 1 a un débit plus élevé que le Disque 2 : 1,97 Mo/s contre 1,47 Mo/s, ce qui le rend plus performant pour les lectures séquentielles.
- Cependant, pour les fichiers fragmentés avec des accès aléatoires, le Disque 2 est plus performant. Il lit le fichier de 5 Mo dispersé en 13,41 secondes, contre 16,03 secondes pour le Disque 1, grâce à un temps d'accès plus court.

Cela montre que même avec un débit inférieur, le Disque 2 est plus efficace pour les accès aléatoires en raison de son meilleur temps d'accès.

Plus le temps d'accès moyen est petit, plus la différence entre le débit d'un disque et son débit réel est faible.

6°) Exercice 6 : Disque Dur : Importance de l'organisation des fichiers

Un fichier est dit « séquentiel » si tous ses secteurs sont mis dans le même cylindre, dans l'ordre. Quand un cylindre est plein, on passe au cylindre voisin. Un fichier est dit « à accès direct » si ses secteurs sont dispersés dans différents endroits du disque.

Nous disposons d'un fichier contenant 6047744 caractères, un caractère est codé sur 1 octet. On veut comparer les performances des deux disques de la question 5 pour les deux méthodes d'enregistrement de fichiers.

■ **Calculer le temps moyen pour lire un secteur.**

Le temps moyen pour lire un secteur comprend trois composantes :

1. Temps de déplacement moyen (seek time)
2. Temps de latence moyenne (latency time)
3. Temps de lecture d'un secteur (read time)

Nous avons déjà calculé ces valeurs dans l'exercice précédent. Voici un rappel :

Disque 1 (7200 tours/min) :

Temps de déplacement moyen : 9 ms

Latence moyenne : 4,17 ms

Temps de lecture d'un secteur : 0,26 ms

Temps d'accès total pour un secteur : $9 + 4,17 + 0,26 = 13,43 \text{ ms}$

Disque 2 (5400 tours/min) :

Temps de déplacement moyen : 4 ms

Latence moyenne : 5,56 ms

Temps de lecture d'un secteur : 0,35 ms

Temps d'accès total pour un secteur : $4 + 5,55 + 0,36 = 9,91$ ms

■ **Calculer le nombre de secteurs nécessaires au stockage du fichier.**

Le fichier contient 6047744 octets, et chaque secteur contient 512 octets.

Le nombre total de secteurs nécessaires est donc :

$$\text{Nombre de secteurs} = \text{Taille du fichier} / \text{Taille d'un secteur} = 6047744 \text{ octets} / 512 \text{ octets} = 11812 \text{ secteurs}$$

Le nombre de pistes utilisées est donné par :

$$\text{Nombre de pistes} = \text{Nombre total de secteurs} / \text{Nombre de secteurs par piste}$$

$$\text{Nombre de pistes} = 11812 \text{ secteurs} / 32 \text{ secteurs/piste} = 368,875 \text{ pistes}$$

Comme une piste ne peut pas être fractionnée, il faudra 369 pistes pour stocker le fichier (en arrondissant à l'entier supérieur, car une fraction de piste signifie que la dernière piste est partiellement utilisée).

■ **Calculer le temps moyen de lecture du fichier dans les deux cas (séquentiel et à accès direct).**

a) Cas séquentiel (tous les secteurs sont dans le même cylindre ou des cylindres voisins)

Dans le cas d'un fichier séquentiel, il y a un seul accès disque pour chaque cylindre, et la tête de lecture peut balayer plusieurs secteurs sans avoir à se repositionner. Le temps de lecture total est donc simplement la somme du temps d'accès pour le premier secteur et du temps de lecture des secteurs suivants dans le même cylindre.

Le temps pour lire 11812 secteurs sera donc :

- Temps d'accès pour le premier secteur : égal au temps d'accès moyen.
- Temps de lecture des secteurs suivants : c'est simplement le temps de lecture d'un secteur multiplié par le nombre de secteurs, car les secteurs sont lus de manière continue.

Le temps total de lecture dans le cas séquentiel est donc :

$$\text{Temps total} = \text{Temps d'accès moyen} + (\text{Nombre de secteurs} - 1) \times \text{Temps de lecture d'un secteur}$$

Disque 1 (séquentiel) :

$$\text{Temps total Disque 1} = 13,43 \text{ ms} + (11812 - 1) \times 0,26 \text{ ms} = 13,43 \text{ ms} + 11811 \times 0,26 \text{ ms} = 13,43 + 3070,86 = 3084,29 \text{ ms} = 3,08 \text{ secondes}$$

Disque 2 (séquentiel) :

$$\text{Temps total Disque 2} = 9,91 \text{ ms} + (11812 - 1) \times 0,35 \text{ ms} = 9,91 \text{ ms} + 11811 \times 0,35 \text{ ms} = 9,91 + 4133,85 = 4143,76 \text{ ms} = 4,14 \text{ secondes}$$

b) Cas à accès direct (les secteurs sont dispersés dans différents endroits du disque)

Dans le cas d'un fichier à accès direct, chaque secteur peut être situé à un emplacement différent sur le disque. Il faut donc accéder au disque pour chaque secteur, ce qui signifie que le temps de lecture est basé principalement sur le temps d'accès moyen pour chaque secteur.

Le temps total de lecture dans le cas d'un fichier à accès direct est donc :

Temps total = Nombre de secteurs × Temps d'accès moyen

Disque 1 (accès direct) :

Temps total Disque 1 = $11812 \times 13,43 \text{ ms} = 158692,36 \text{ ms} = 158,69 \text{ secondes} \approx 2,64 \text{ minutes}$

Disque 2 (accès direct) :

Temps total Disque 2 = $11812 \times 9,91 \text{ ms} = 117024,92 \text{ ms} = 117,02 \text{ secondes} \approx 1,95 \text{ minutes}$

2^{ème} solution :

Cette méthode modélise mieux la réalité dans le cas d'accès direct, où chaque secteur doit effectivement être localisé individuellement avec un repositionnement et une latence. Dans le cas séquentiel, ce modèle inclut les déplacements de tête pour chaque cylindre, ce qui correspond à une interprétation plus précise de la gestion des cylindres.

Cela dit, dans certains systèmes, une fois que la tête atteint le bon cylindre, plusieurs secteurs peuvent être lus sans repositionnement supplémentaire, ce qui est l'hypothèse adoptée précédemment. Les deux solutions sont valides, mais la deuxième est plus détaillée dans la gestion des déplacements.

Accès séquentiel :

Disque 1 :

L'équation est la suivante pour le temps de lecture du fichier :

$$T1 = 370 \times 3 \cdot 10^{-3} + 370 \times 4,16 \cdot 10^{-3} + 6047744 / 1966080$$

- **Première partie :** $370 \times 3 \times 10^{-3}$ correspond au **temps de déplacement** pour les 370 déplacements (nombre de cylindres nécessaires).
 - Le déplacement minimal ici est de 3 ms, ce qui correspond à un déplacement d'un cylindre à l'autre.
- **Deuxième partie :** $370 \times 4,16 \times 10^{-3}$ correspond à la **latence moyenne** pour chaque déplacement.
 - C'est une latence de $12 \times 120 = 4,16 \text{ ms}$ pour une vitesse de 7200 tours/min. On applique cette latence pour chaque déplacement de cylindre.
- **Troisième partie :** $6047744 / 1966080$ correspond au **temps de transfert des données**.
 - On divise la taille du fichier par le débit du disque. Le débit de **Disque 1** est $120 \text{ tours/s} \times 32 \text{ secteurs/piste} \times 512 \text{ octets/secteur} = 1966080 \text{ octets/s}$.

Le temps de lecture du fichier : $370 \times 3 \cdot 10^{-3} + 370 \times 4,16 \cdot 10^{-3} + 6047744 / 1966080$

$$T11 = 5,7252 \text{ s}$$

Disque 2 :

L'équation pour le temps de lecture du **Disque 2** est similaire :

$$T_{I2} = 370 \times 2 \times 10^{-3} + 370 \times 5,55 \times 10^{-3} + 6047744 / 1474560$$

- **Première partie** : $370 \times 2 \times 10^{-3}$ correspond au **temps de déplacement minimal** (2 ms) pour les 370 cylindres.
 - C'est basé sur le **temps de déplacement minimum** du Disque 2.
- **Deuxième partie** : $370 \times 5,55 \times 10^{-3}$ correspond à la **latence moyenne** pour le **Disque 2**.
 - Cela correspond à la latence de $12 \times 90 = 5,55$ ms.
- **Troisième partie** : Le débit de **Disque 2** est $90 \text{ tours/s} \times 32 \text{ secteurs/piste} \times 512 \text{ octets/secteur} = 1474560 \text{ octets/s}$.

$$T_{I2} = 6,8948 \text{ s}$$

Accès direct :

Disque 1 :

L'équation est la suivante pour le temps de lecture du fichier :

$$T_{I1} = 11812 \times 9 \times 10^{-3} + 11812 \times 4,16 \times 10^{-3} + 6047744 / 1966080$$

- **Première partie** : $11812 \times 9 \times 10^{-3}$ correspond au **temps de déplacement moyen** pour chaque secteur. Cela fait intervenir le temps de déplacement de 9 ms pour chaque secteur, ce qui est le cas d'un accès direct où chaque secteur est potentiellement dans un emplacement différent.
- **Deuxième partie** : $11812 \times 4,16 \times 10^{-3}$ correspond à la **latence moyenne** pour chaque secteur.
 - On applique la latence pour chaque secteur, ce qui est valable dans ce scénario d'accès direct.
- **Troisième partie** : Le **temps de transfert** est toujours calculé comme précédemment, basé sur le débit du disque.

$$T_{I1} = 155,449 \text{ s}$$

Disque 2 :

L'équation est la suivante pour le temps de lecture du fichier :

$$T_{I2} = 11812 \times 4 \cdot 10^{-3} + 11812 \times 5,55 \cdot 10^{-3} + 6047744 / 1474560$$

- **Première partie** : $11812 \times 4 \times 10^{-3}$ est le **temps de déplacement moyen** pour chaque secteur, correspondant au temps de déplacement de 4 ms.
- **Deuxième partie** : $11812 \times 5,55 \times 10^{-3}$ est la **latence moyenne** pour chaque secteur, correspondant à la vitesse de rotation de 5400 tours/min.
- **Troisième partie** : Le débit de **Disque 2** est utilisé ici pour le **temps de transfert** des données.

$$T_{I2} = 112,808 \text{ s}$$

Conclusion sur les différences :

- **Accès séquentiel** :
 - La principale différence entre les résultats est que dans la 1^{ère} méthode, il n'a pas considéré de déplacements entre **chaque cylindre** après le premier. La

2^{ème} méthode considère un déplacement et une latence pour chaque cylindre lu, ce qui rallonge le temps total.

- **Accès direct :**
 - La 2^{ème} méthode applique correctement le **temps de déplacement** et la **latence** pour chaque secteur. La 1^{ère} méthode les a appliqués globalement, ce qui a conduit à une estimation plus courte que la 2^{ème}.

■ **Quels sont les avantages et les inconvénients des deux manières de sauvegarder les fichiers ?**

Fichier séquentiel :

Avantages :

- Lecture rapide lorsque les secteurs sont disposés de manière continue, car la tête de lecture reste en place une fois positionnée.
- Faible temps d'accès après le premier secteur.

Inconvénients :

- Les fichiers doivent occuper des espaces contigus sur le disque, ce qui peut limiter la flexibilité et rendre l'allocation d'espace plus difficile.
- Fragmentation du disque si l'espace contigu est insuffisant.

Fichier à accès direct :

Avantages :

- Flexible, les secteurs n'ont pas besoin d'être contigus, donc plus facile à gérer en termes de stockage et d'allocation.
- Moins sujet à la fragmentation.

Inconvénients :

- Temps d'accès beaucoup plus long car chaque secteur nécessite un repositionnement de la tête de lecture.

Il y a une grande différence entre les temps d'accès. La lecture d'un fichier séquentiel est beaucoup plus rapide que celle d'un fichier à accès direct.

On remarque que l'accès séquentiel est nettement plus rapide que l'accès direct, d'où l'importance de défragmenter son disque dur assez souvent sous Windows !

■ **Quel est l'intérêt d'avoir un disque plus rapide ?**

Le fichier séquentiel est mis sur deux cylindres voisins (utiliser le temps de déplacement minimum)

Un disque plus rapide, avec une plus grande vitesse de rotation (RPM), réduit la latence moyenne et améliore le débit. Cela permet de lire les données plus rapidement, en particulier dans les cas de lecture séquentielle.

Dans cet exercice, nous voyons que le Disque 1 (7200 tours/min) est plus performant pour les lectures séquentielles, tandis que le Disque 2 (5400 tours/min) est plus performant dans le cas d'un fichier à accès direct grâce à un meilleur temps d'accès moyen.

Conclusion :

Pour les fichiers séquentiels, le Disque 1 est légèrement plus rapide grâce à son meilleur débit.

Pour les fichiers à accès direct, le Disque 2 est significativement plus performant en raison de son temps de déplacement moyen inférieur.

Cela démontre que le choix entre les disques dépend fortement du type d'accès aux données (séquentiel ou aléatoire).

Les différences de performances sont :

$$\text{Gain} = 100 \times 4,872 / 3,5376 - 100 = 37,8 \%$$

Le disque 2 a une vitesse de rotation plus faible que le disque 1, mais son bon temps d'accès compense largement la différence de vitesse de rotation !

D. Webographie :

- http://yd-fsm.weebly.com/uploads/4/6/7/1/46716243/cours_2.pdf
- <http://www.lifl.fr/~dekeyser/S3AE/TD/TD%20Architecture%20des%20ordinateurs.pdf>
- <http://lipn.univ-paris13.fr/~levy/intro1A/IntroTD6.pdf>
- <https://www.xeilom.fr/PBCPPlayer.asp?ID=1975790>