

DISQUE DUR

Le sujet est composé de 8 pages et d'une feuille format A3 de dessins de détails, la réponse à toutes les questions sera rédigée sur les feuilles de réponses jointes au sujet. Toutes les questions sont indépendantes, cependant il est recommandé de lire entièrement le sujet avant de commencer à traiter les questions sur la feuille de réponses.

Le disque dur est une mémoire de masse couramment utilisé sur les ordinateurs. La figure 1 ci-dessous représente la photographie d'un disque de PC

Figure 1 Disque dur ouvert



Cette épreuve est une analyse mécanique et technologique du disque dur correspondant aux photos précédentes. Pour limiter le temps et la difficulté de l'épreuve, l'étude est volontairement très simplifiée.

Informations préliminaires :

Le dispositif est composé essentiellement du point de vue mécanique :

- **D'un disque,**

Les informations sont stockées sur le disque sous forme magnétique

Le disque dur est composé de deux pièces cylindriques plates en aluminium (amagnétique) appelées plateaux.

Les faces de chaque plateau sont recouvertes d'un substrat magnétique.

Ces informations sont disposées sur des cercles concentriques appelés pistes.

Chaque piste est découpée en secteurs.

Les pistes situées sur un même diamètre sur les faces des différents plateaux forment un cylindre.

Le disque tourne à vitesse constante de 5400 tr/min par rapport au boîtier, pendant toute la durée de mise sous tension de l'ordinateur.

- **D'un support articulé.**

Ce support est composé de plusieurs bras, chaque bras porte une tête de lecture-écriture pour les deux bras extrêmes, deux pour le bras intermédiaire.

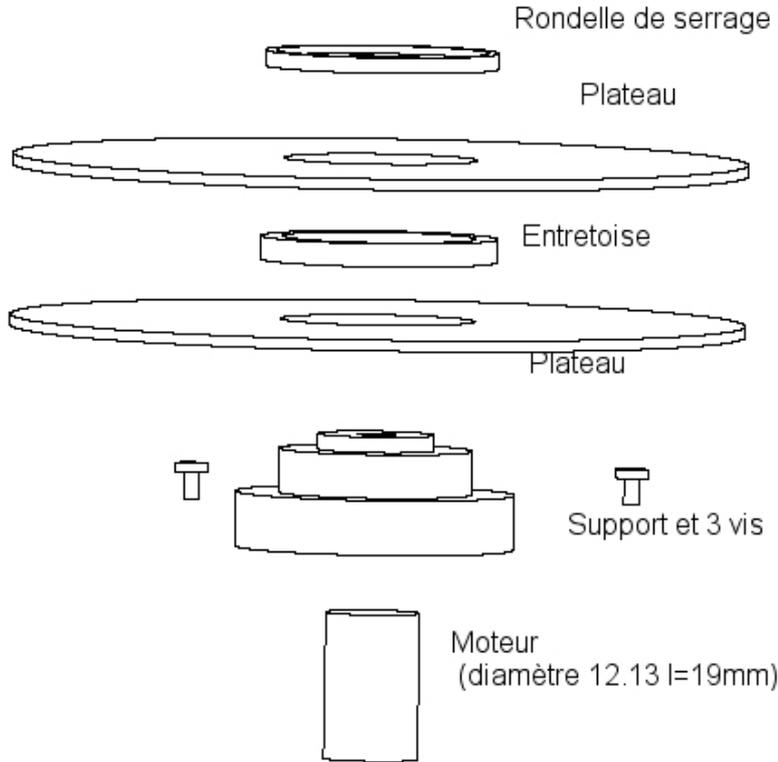
Le support est articulé sur un axe fixe par rapport au boîtier.

Les bras sont constitués de deux parties, l'une rigide, l'autre souple.

La forme des têtes magnétiques permet d'obtenir un effet aérodynamique les soulevant de quelques nanomètres. Cela permet de limiter les frottements. Lors du démarrage et de l'arrêt du disque les têtes sont placées automatiquement sur une « piste d'atterrissage » sans information, située à la périphérie du disque.

1. Question 1, cinétique :

Le disque est un solide rigide composé des éléments décrits sur le plan format A3 :



Composant	Matériau	Masse volumique (SI)
Plateau 1 et 2	Aluminium	2700 kg/m ³
Entretoise	Aluminium	2700 kg/m ³
Rondelle de serrage	Acier	7800 kg/m ³
3 vis diamètre 2,	Acier	7800 kg/m ³
Cylindre étagé	Aluminium, cylindre étagé (voir dessin)	2700 kg/m ³
Rotor du moteur	Acier (cylindre diamètre 13.13 mm L=19mm)	7800 kg/m ³

L'axe Z est toujours l'axe des pièces de révolution. Pour les vis, c'est l'axe de l'ensemble formé par les trois vis.

Dans la feuille de réponse, pour chaque composant, vous indiquerez la valeur numérique de la masse, la position du centre de gravité selon Z, le moment d'inertie autour de l'axe Z dans l'unité imposée.

On supposera que tous les composants du disque ont leur centre de gravité sur l'axe Z. Les candidats sont invités à simplifier la géométrie définie sur la planche pour obtenir un ordre de grandeur réaliste.

Pour l'ensemble, vous indiquerez la masse, la position du centre de gravité dans le repère global et le moment d'inertie autour de l'axe Z dans l'unité imposée.

2. Question 2 Mécanique :

En régime établi la vitesse de rotation du disque est constante et égale à 5400 tr/min.
On veut calculer littéralement le couple du moteur d'entraînement pour chacune des hypothèses suivantes.

Hypothèse générale : Le disque est un solide rigide qui tourne autour d'un axe fixe Z dans le galiléen.

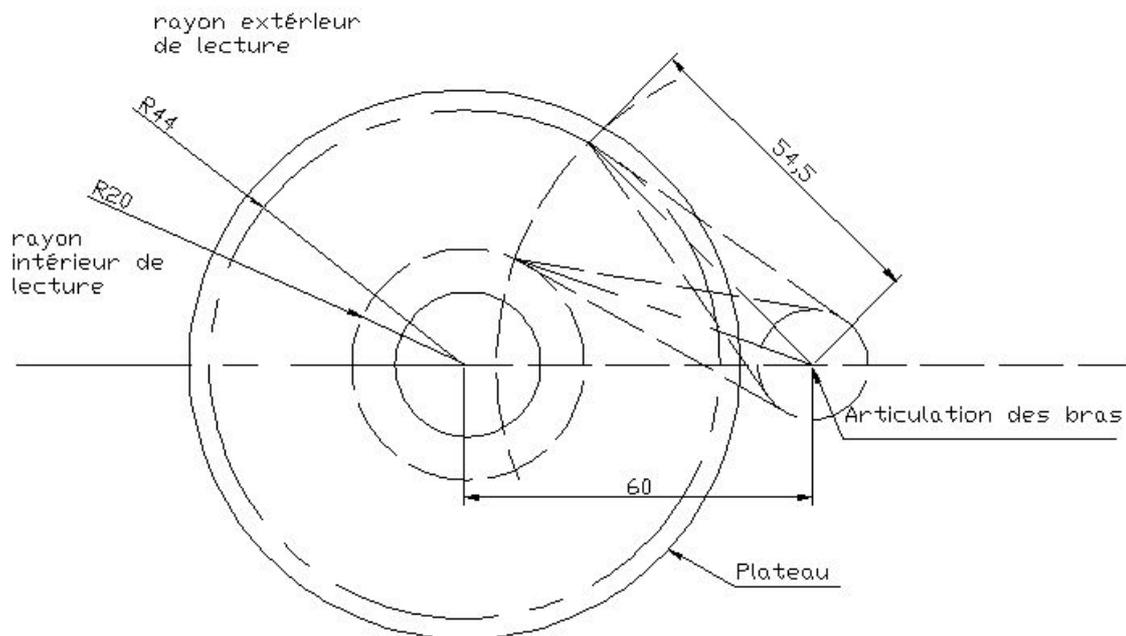
Hypothèse 1 : Le guidage en rotation du disque est sans frottement. Le moteur fournit un couple constant dans la phase de mise en vitesse. La vitesse du disque passe de 0 à 5400 tr/min en quatre secondes.

Hypothèse 2 : Les effets aérodynamiques induisent un couple de frottement proportionnel à la vitesse de rotation du disque par rapport au châssis. Le couple du moteur est toujours constant. La vitesse de rotation est de 5000 tr/min au bout de 3 secondes.

Dans chaque cas, le candidat écrira l'équation de mécanique associée au problème. Après intégration de l'équation du mouvement, exprimez littéralement le couple C_m du moteur en fonction de l'inertie en rotation J , de la vitesse maxi Ω_{max} et du temps de démarrage de quatre secondes de l'hypothèse 1 ou éventuellement du temps de trois secondes indiqué dans l'hypothèse 2.

En utilisant le résultat de la question 1 calculez ces couples numériquement.

3. Question 3 Géométrie :



La géométrie du dispositif est indiquée ci-dessus

Les têtes de lecture se déplacent sur un arc de cercle de rayon 54.5 mm.

La distance entre l'axe de rotation du disque et l'axe d'articulation des têtes est de 60 mm.

Les deux axes sont supposés parallèles, le mécanisme a un mouvement plan.

Le disque est divisé en 2482 cylindres concentriques régulièrement espacés.

Le diamètre extérieur sur lequel est tracé le premier cylindre est de 88 mm

Le diamètre intérieur sur lequel est tracé le dernier cylindre est de 40 mm

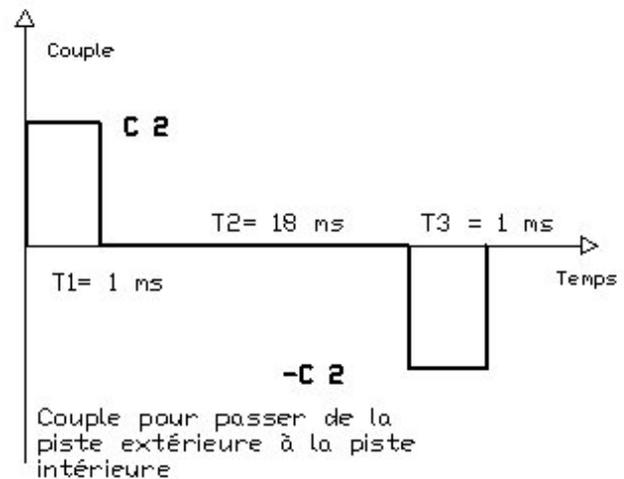
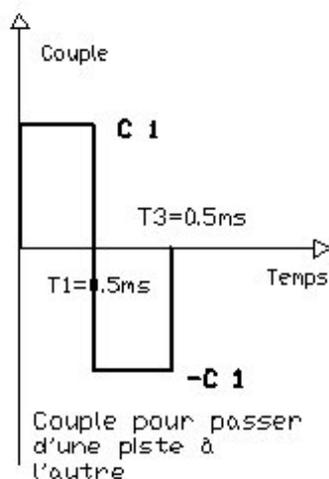
Calculez numériquement le déplacement **radial** sur le disque que doit effectuer la tête de lecture pour passer d'une piste à l'autre (élémentaire...)

Calculez numériquement, en micro-radians, les déplacements angulaires du bras par rapport au châssis, entre deux pistes successives, sur le diamètre 82 mm et sur le diamètre 40 mm. Conclusions

4. Question 4 Mécanique :



Plateaux enlevés



La loi de commande du moteur entraînant les bras de lecture est représentée ci-dessus. Les réponses à cette question seront rédigées sur la planche réponse Question N°4.

Pour passer d'une piste à la voisine la plus proche, le bras de lecture doit accélérer, puis freiner en permanence.

Pour passer de la piste intérieure à la piste extérieure, les phases d'accélération et de freinage encadrent une phase à couple nul de commande.

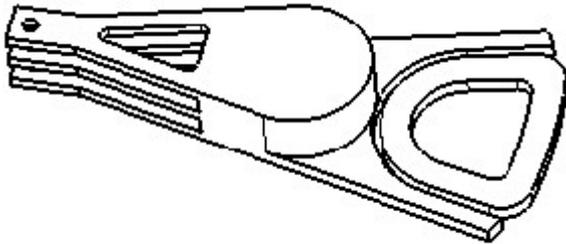
Hypothèses :

Le frottement des têtes sur le plateau est négligeable.

Le châssis du disque est galiléen.

L'articulation des bras est sans frottement.

L'ensemble articulé support des bras est équilibré (centre de gravité sur l'axe) et le moment d'inertie I autour de l'axe est égal à $4.85 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2$



Ecrivez l'équation de mécanique permettant de calculer la loi de mouvement des bras.

Ecrivez pour chaque cas, littéralement, l'expression de la vitesse maximale angulaire ω_{\max} en fonction des temps t_1 , t_3 , de C , de I et éventuellement de t_2 .

Calculez numériquement cette vitesse maximale.

5. Question 5 : Etude technologique

Comme il a été mis en évidence dans les questions précédentes, le déplacement de la tête de lecture n'est pas radial par rapport au disque.

Sur un lecteur de CD la lecture est radiale.

Quels sont les avantages et les inconvénients des deux solutions ?

Comparez les deux solutions (actuelle et radiale) en tenant compte des paramètres suivants :

- La précision souhaitée
- Les difficultés de construction
- Les masses à mettre en mouvement

Etablissez le dessin à main levée de deux solutions techniques permettant :

Le déplacement radial de la tête de lecture.

Un encombrement du dispositif devant rester dans le volume actuel du boîtier.

Ces dessins doivent être faits à l'échelle 1 et au crayon.

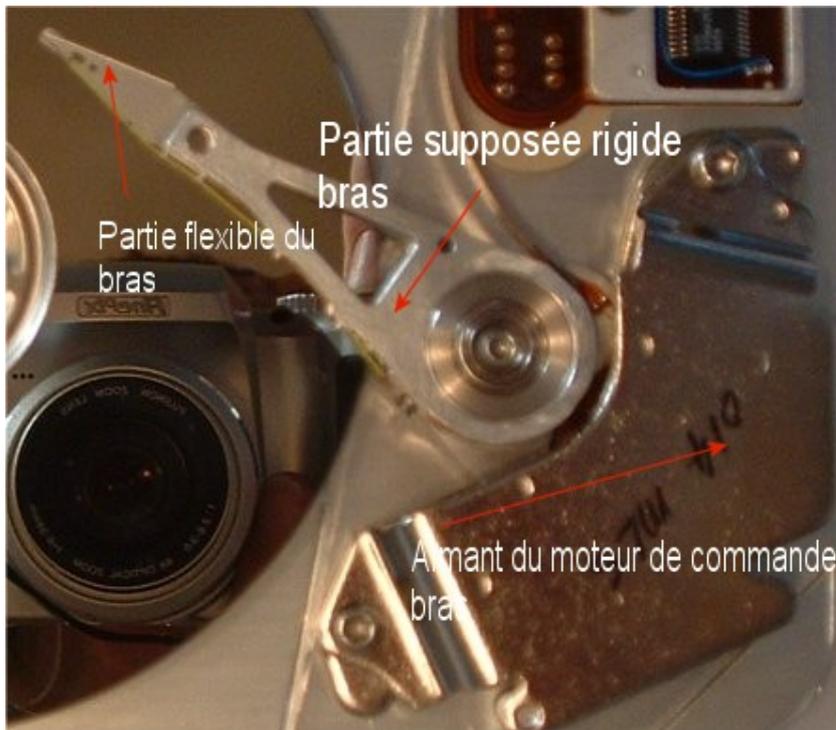
Remarque : L'utilisation des instruments de dessin n'est pas forcément nécessaire pour cette question, les schémas, dessins doivent être suffisamment détaillés pour définir le choix des solutions technologiques.

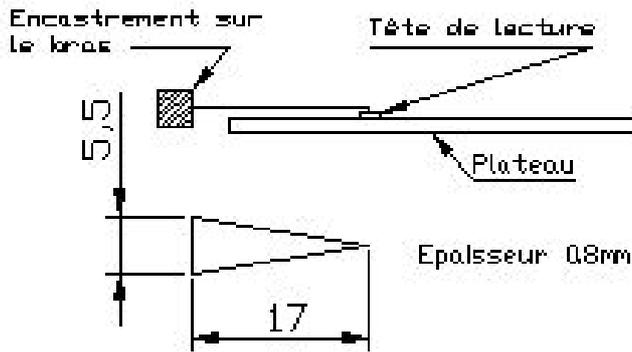
6. Question 6 : Mécanique des structures

A l'arrêt du disque les têtes reposent sur le disque. Si lors du fonctionnement le contact était permanent, l'usure serait grande. Les disques et les têtes seraient rapidement hors d'usage.

La solution utilisée consiste à faire « planer » les têtes de lecture sur le disque :

La rotation de celui-ci entraîne de l'air qui vient former un « coussin » permettant d'obtenir un jeu de **0.015 μm** entre chaque plateau et la tête de lecture associée.





$L = 17 \text{ mm}$

$B_{\text{max}} = 5.5 \text{ mm}$

Épaisseur $e = 0.8 \text{ mm}$

Matériau : Acier

Module d'élasticité longitudinal $E = 210000 \text{ MPa}$

$F_s = \text{effort de soulèvement aérodynamique (Portance)}$

Le bras est constitué en deux éléments, l'un rigide en aluminium, l'autre flexible en **acier** dont le dessin est donné sur la feuille de réponse. (Module d'élasticité longitudinal $E=210000 \text{ MPa}$)

Hypothèses :

La partie en aluminium ne se déforme pas.

La lame flexible est de forme triangulaire.

L'écoulement de l'air entre la tête de lecture et le plateau crée une force, la portance, qui déforme la partie souple du bras.

La partie déformable du bras est une poutre encastree libre d'épaisseur constante égale à 0.8 mm , et de largeur variable.

Sur la feuille de réponse, en utilisant les schémas :

- Déterminez littéralement l'équilibre statique de la partie déformable.
- Tracez le diagramme du moment de flexion suivant Z
- Calculez littéralement le moment quadratique de la section droite de la poutre en fonction de l'abscisse du barycentre de la section.
- Précisez sur les graphes les valeurs particulières sous forme littérale
- Par la méthode de la double intégration, écrivez l'équation de la déformée.
- Exprimez la flèche maximale en fonction de la portance et des caractéristiques géométriques de la poutre et du module d'élasticité longitudinal.
- En déduire l'effort de portance F_s qui permet d'obtenir un soulèvement de $0.015 \mu\text{m}$