

Concours Technologie
Épreuve de Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Nit
(25775) 11959

Date : Mardi 10 Juin 2003 Heure : 8 H Durée : 5 H Nbre pages : 20 + 5 documents

Barème : Partie A : 10 points, Partie B : 5 points, Partie C : 5 points

Aucun document n'est autorisé.

L'utilisation de calculatrices de poche non programmables est autorisée.

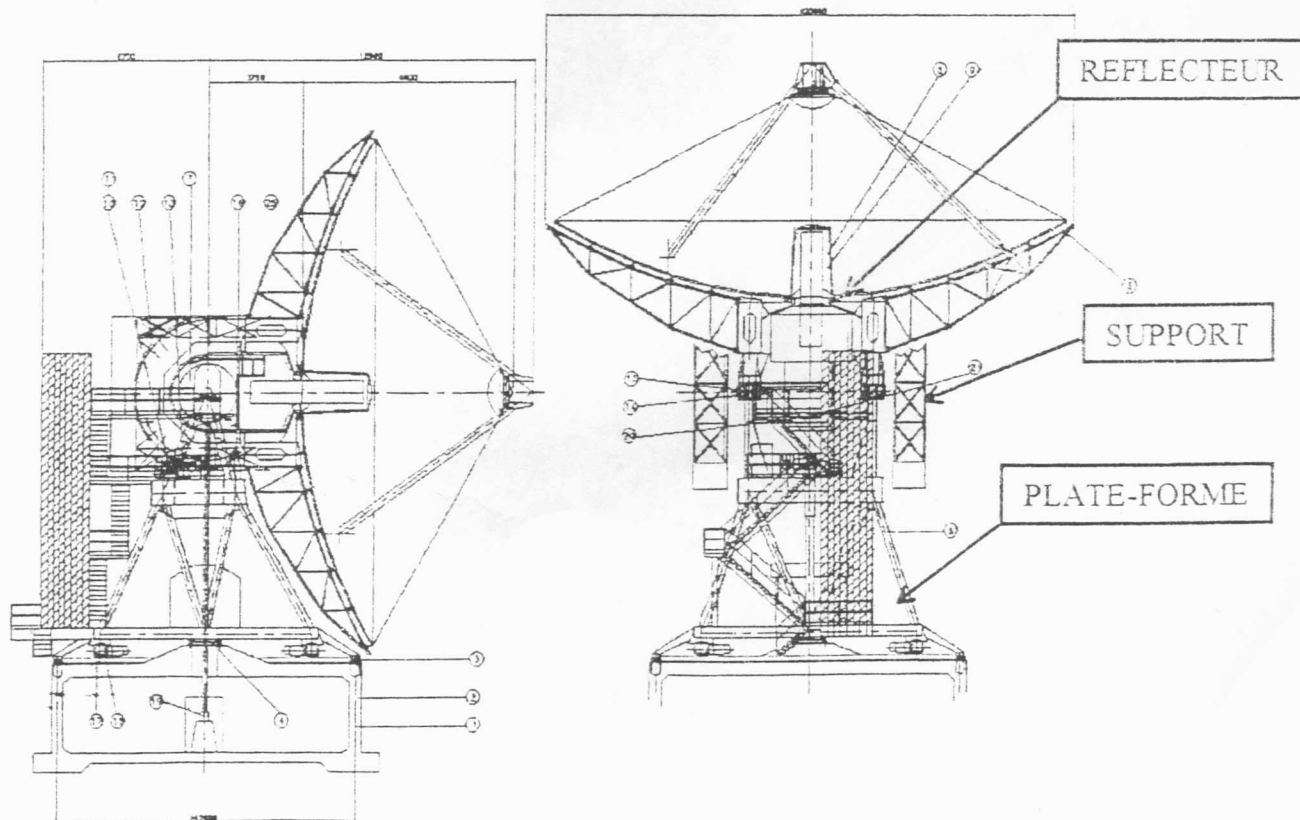
Les différentes parties de l'épreuve sont indépendantes. Les parties A (Technologie de Conception et Technologie de Production), B (Mécanique générale) et C (Automatique) doivent être traitées sur des copies indépendantes. Les documents réponses (de la page 3/20 à la page 13/20 et les documents 4 et 5) seront rendus avec la partie correspondante.

RADIOTELESCOPE

شرف 62
11899 افق 118
شرف 66
شرف 7
11386 افق 10944

Mise en situation

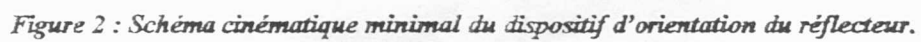
La figure 1 représente l'infrastructure générale d'un radiotélescope qui peut être considéré comme un instrument de mesure. Le radiotélescope capte des ondes électromagnétiques appelées ondes radio pour en mesurer les caractéristiques. Ces mesures permettent de découvrir des informations sur la nature de l'objet émetteur de l'univers (la source).



N.B. : Les cotes et les repères de cette figure ne seront pas utilisés dans cette étude

Figure 1 : l'infrastructure générale du radiotélescope.

- un mouvement de rotation d'axe $(O, \vec{Z}_0)$ de la plate forme (S_1) par rapport à un bâti fixe (S_0) . Ce mouvement est assuré par un moteur hydraulique et un réducteur à engrenages,
- un mouvement de rotation d'axe $(A, \vec{X}_1)$ du support du réflecteur (S_2) par rapport à la plate forme (S_1) . Ce mouvement est assuré par un vérin électromécanique.



Session : Concours :

Ne rien écrire ici

Epreuve de :

Nom : Prénoms :

Institution d'origine :

Identifiant :

--	--	--	--	--	--	--	--

Série :

--	--	--

Total des doubles
feuilles remises

3X

Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles de Formation d'Ingénieurs

Numero de la double feuille	Total des doubles feuilles

Ne rien écrire ici

Session : Concours :

Epreuve de :

PARTIE A : TECHNOLOGIE DE CONCEPTION TECHNOLOGIE DE PRODUCTION

A.1) ANALYSE FONCTIONNELLE

A.1.1) La figure 3 représente le diagramme pieuvre du radiotélescope. Recenser les fonctions de service de ce système.

FP1	.....
FC1	.....
FC2	.....
FC3	.....

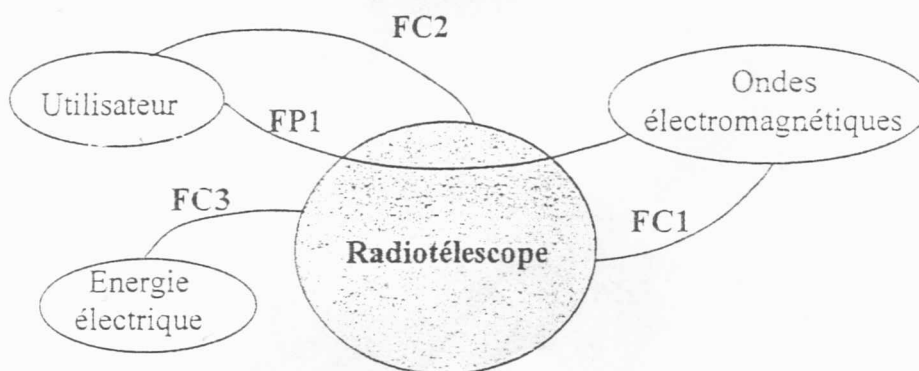
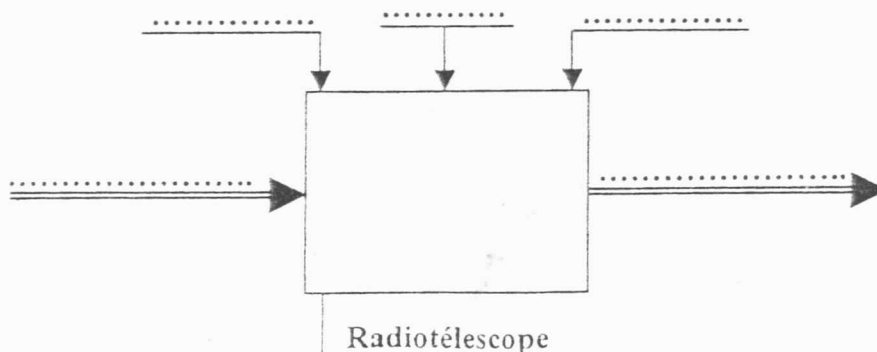


Figure 3 : Diagramme pieuvre du radiotélescope.

A.1.2) Compléter l'actigramme A-0 du radiotélescope.



Ne rien écrire ici

A.2) ETUDE TECHNOLOGIQUE

On se limitera à l'étude de la partie opérative du vérin électromécanique représentée par le dessin d'ensemble du document 1 à l'échelle 1:5. Ce mécanisme se compose essentiellement :

- d'un moteur non représenté qui assure la rotation de la vis sans fin (2),
- d'un réducteur à roue et vis sans fin (10, 2),
- d'un système de transformation de mouvement par vis-écrou (15, 14).

L'écrou (14) entraîne en translation la tige (16) par rapport au carter principal (22) du vérin.

A.2.1) Compléter le tableau suivant :

Assemblage des pièces	Type de la liaison	Assuré par
(2) / (22)		
(10) / (11)		
(16) / (14)		
(16) / (22)		
(17) / (22)		

A.2.2) Donner la fonction de chacune des pièces indiquées dans le tableau suivant :

Pièces	Fonctions
Cales (25)	
Cales (26)	
(17)	
(20)	
(21)	
(27)	
(13)	

Ne rien écrire ici

A.2.3) Choisir le matériau convenable pour chacune des pièces indiquées dans le tableau suivant. Justifier votre choix.

Pièce	Matériau	Justification
Vis sans fin (2)	EN-GJL-150 EN AB 21000 [AlCu4 Mg Ti] 42 Cr Mo 4 ✓ CW 453 K [Cu Sn 8]	..... ..... .....
Roue globique (10)	S185 CW 453 K [Cu Sn 8] ✓ EN-GJMB-300-6 42 Cr Mo 4	..... ..... .....
Carter principal (22)	EN AB 21000 [AlCu4 Mg Ti] C25 ✓ X 5 Cr Ni 18-10 25 Cr Mo 4	..... ..... .....

A.2.4) Etude de la transmission de la puissance mécanique

On se place dans le cas où la tige (16) du vérin progresse contre la charge.

Données :

-moteur :

- puissance $P_m = 7,5 \text{ KW}$
- vitesse de rotation en charge : $N_m = 2875 \text{ tr/min.}$

-roue et vis sans fin (10, 2) :

- vis à un filet
- roue : $Z_{10} = 31 \text{ dents}$
- rendement : $\eta_1 = 0,60$

-système vis-écrou (15, 14) :

- filetage trapézoïdal (Tr80x10):
 - pas hélicoïdal $Pas = 10 \text{ mm,}$
 - $d = 80 \text{ mm}$ et $d_{moy} = 75 \text{ mm,}$
 - angle au sommet $\beta = 30^\circ.$

- rendement : $\eta_2 = 0,40$

A.2.4.1) Calculer la vitesse de translation de la tige du vérin. exprimée en m/s.

.....
.....
.....
.....

A.2.4.2) Calculer la puissance transmise à la tige du vérin.

.....
.....
.....
.....

Ne rien écrire ici

A.2.4.3) En déduire la force transmise à la tige du vérin.

.....

.....

.....

A.2.4.4) Calculer le couple exercé par la vis (15) sur l'écrou (14).

.....

.....

.....

A.2.4.5) Déterminer l'angle apparent de frottement entre la vis (15) et l'écrou (14). Déduire le coefficient de frottement.

.....

.....

.....

A.2.4.6) Calculer la pression de contact entre la clavette (23) et l'écrou (14). Mesurer les cotes utiles sur le dessin d'ensemble du document 1.

.....

.....

.....

A.2.5) Etude du mécanisme d'orientation du réflecteur

Dans le cas où la plate-forme (S₁) et le bâti (S₀) sont solidaires le mécanisme d'orientation du support (S₂) du réflecteur est défini par le schéma cinématique de la figure 4. On donne :

$$\overrightarrow{AB} = r_1 \overrightarrow{Y_1} + r_2 \overrightarrow{Z_0} ; \overrightarrow{BC} = l_1 \overrightarrow{Y_1} - l_2 \overrightarrow{Z_0} ; \overrightarrow{FE} = h \overrightarrow{Z_0}$$

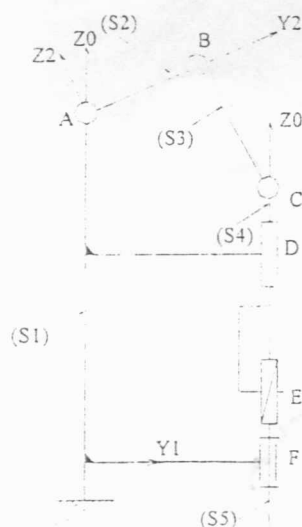


Figure 4 : Schéma cinématique du mécanisme d'orientation du support du réflecteur.

Session : Concours :

Epreuve de :

Nom : Prénoms :

Institution d'origine :

Identifiant :

Série :

Total des doubles feuilles remises	10
---------------------------------------	----

X

Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles de Formation d'Ingénieurs

Numéro	Total
de la double feuille	des doubles feuilles

Session : Concours :

Epreuve de :

A.2.5.1) Etablir le graphe des liaisons et préciser la nature de chaque liaison. Déduire le nombre cyclomatique de la chaîne.

A.2.5.2) En appliquant la composition des torseurs cinématiques à la chaîne $S_1-S_4-S_5-S_1$ au point F, écrire les équations entre les inconnues cinématiques.

Ne rien écrire ici

A.2.6) Cotation fonctionnelle

Donner les ajustements qualitatifs des assemblages indiqués dans le tableau suivant.

Assemblage	Ajustement (normalisé)
(22)/(4)	
(4)/(32)	
(32)/(15)	
(15)/(11)	

A.2.7) Etude de conception

A.2.7.1) Le document 4 représente le dessin de définition incomplet du boîtier (4), à l'échelle 2:5. On demande:

A.2.7.1.1) de compléter la vue de dessus,

A.2.7.1.2) d'indiquer les tolérances géométriques et les rugosités des surfaces fonctionnelles.

A.2.7.2) Compléter, sur le document 5 et à l'échelle 2:5, le dessin de conception du montage de l'accouplement de l'arbre moteur avec la vis sans fin (2). On donne le diamètre de l'arbre moteur : $d = 38 \text{ k6}$

A.2.7.2.1) en utilisant l'accouplement approprié choisi à partir du document technique (document 3),

A.2.7.2.2) en indiquant la cotation des assemblages fonctionnels.

Session : Concours :

Ne rien écrire ici

Epreuve de :

Nom : Prénoms :

Institution d'origine :

Identifiant :

--	--	--	--	--	--	--	--

Série :

--	--	--

Signature des
enseignants

Total des doubles
feuilles remises

X

Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles de Formation d'Ingénieurs

Numero de la double feuille	Total des doubles feuilles

Session : Concours :

Epreuve de :

Ne rien écrire ici

A.3) TECHNOLOGIE DE PRODUCTION

La tige (16) dont le dessin de définition est donné dans le document 2, est constituée de deux pièces qui sont assemblées. Le matériau utilisé dans la fabrication de ces deux pièces est le C25.

A.3.1) Assemblage des pièces

A.3.1.1) Quel est le procédé d'assemblage utilisé dans la fabrication de la tige (16), donner la présentation symbolique d'un tel procédé.

.....
.....

A.3.1.2) Justifier l'utilisation d'un tel procédé.

.....
.....

A.3.1.3) Donner les définitions des spécifications suivantes.

Spécification	Définition
$B \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array} 0,05 \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array} A$	
$E \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array} 0,05 \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array} A$	
$D \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array} 0,1 \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array} B$	

A.3.1.4) Préciser l'ordre de réalisation des différents usinages indiqués dans le tableau suivant et permettant de réaliser les spécifications de la question précédente (numéroter les opérations de 1 à 4 dans l'ordre de réalisation).

Opération	Ordre (de 1 à 4)
Usinage de A	
Usinage de E	
Usinage de B et C	
Assemblage	

A.3.2) Usinage

On s'intéresse à l'usinage des surfaces B et C de la tige (16). On utilisera un outil en carbure métallique.

Ne rien écrire ici

A.3.2.1) Dans le tableau suivant choisir l'outil et la machine à utiliser pour l'usinage de ces deux surfaces. Mettre une croix dans la case correspondante.

Outil	Choix	Machine	Choix
Fraise deux tailles : $D_f = \Phi 200$, $z=8$ dents		Fraiseuse horizontale	.....
Outil à charioter couteau		Fraiseuse verticale	.....
Fraise trois tailles : $D_f = \Phi 200$, $z=8$ dents		Tour parallèle	.....

A.3.2.2) Utiliser la figure 5 pour exprimer le temps effectif d'usinage t_c en minutes lors d'une passe en fonction de la profondeur e (mm), de l'avance par dent f_z (mm/tr/dent), de la vitesse de coupe V_c (m/min), du diamètre de la pièce D (mm), du diamètre de la fraise D_f (mm) et du nombre de dents z . La profondeur e représente la position de l'outil suivant $\vec{Y}$, à partir du point O. t_c représente le temps pendant lequel l'outil enlève de la matière. A la première passe, e est égale à la profondeur de passe p .

.....

.....

.....

.....

.....

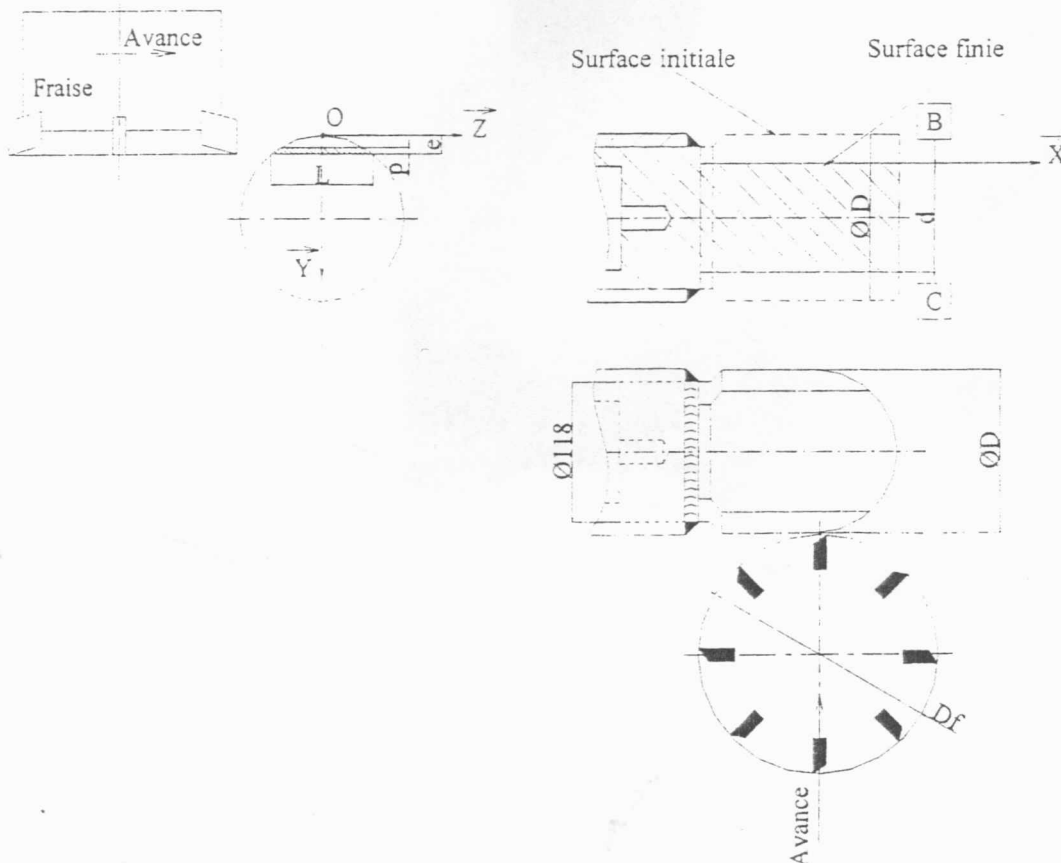


Figure 5 : Usinage de la surface B en fraisage.

Ne rien écrire ici

L'usinage de la surface B de la tige (16) se fait en trois opérations : ébauche, demi finition et finition. Les paramètres de coupe utilisés sont les suivants :

	vitesse de coupe	avance par dent	profondeur de passe
	V_c (m/min)	f_z (mm/tr/dent)	p (mm)
Ebauche (éb)	100	0.10	5.0
Demi finition (f/2)	120	0.05	2.5
Finition (f)	160	0.05	0.5

On notera par : n le nombre de passes d'ébauche, $e_{iéb}$ la position de l'outil lors d'une passe d'ébauche i ($1 \leq i \leq n$), $e_{f/2}$ la position de l'outil lors de l'opération de demi finition et e_f la position de l'outil lors de l'opération de finition.

A.3.2.3) Exprimer et calculer le nombre de passes d'ébauche n .

A.3.2.4) Exprimer la position de l'outil :

A.3.2.4.1) $e_{iéb}$ ($1 \leq i \leq n$) en ébauche en fonction de i et de la profondeur de passe d'ébauche $p_{éb}$.

A.3.2.4.2) $e_{f/2}$ en demi finition en fonction du nombre de passes n , de la profondeur de passe de demi finition $p_{f/2}$ et de la profondeur de passe d'ébauche $p_{éb}$.

A.3.2.4.3) e_f en finition en fonction du nombre de passes n , de la profondeur de passe de finition p_f , de la profondeur de passe de demi finition $p_{f/2}$ et de la profondeur de passe d'ébauche $p_{éb}$.

A.3.2.5) pour une passe d'ébauche i , exprimer le temps $t_{céb}(i)$ en fonction de e_i , en déduire le temps d'usinage $t_{céb}$ en minutes de la surface B en ébauche.

A.3.2.6) Calculer le temps d'usinage $t_{cf/2}$ en minutes de la surface B en demi finition.

A.3.2.7) Calculer le temps d'usinage t_{cf} en minutes de la surface B en finition.

Ne rien écrire ici

A.3.2.8) Calculer le temps total t_c en minutes d'usinage des surfaces B et C.

.....
.....
.....

A.3.3) Cotation de fabrication

Pour usiner les surfaces B et C, on positionne la pièce sur les surfaces A et F du document 2.

A.3.3.1) Établir la cotation de fabrication le long de l'axe $\vec{X}$ sur la figure 6.

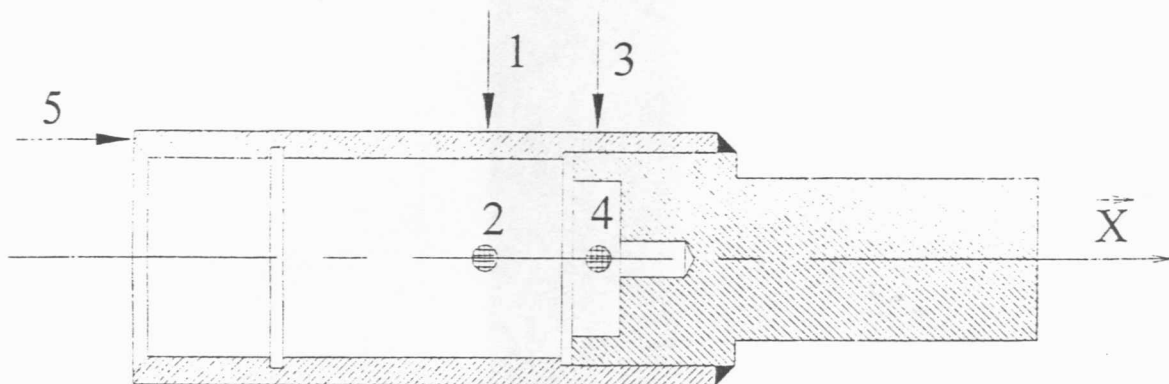


Figure 6 : Cotation de fabrication.

A.3.3.2) Calculer la ou les cotes de fabrication définies suivant $\vec{X}$.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

A.3.4) Métrologie

Préciser les instruments utilisés pour le contrôle des spécifications suivantes :

Spécification	Instrument
$B \mid C \mid \begin{smallmatrix} \pm \\ 0,05 \end{smallmatrix} \mid A$	
$\Phi 140 \text{ g6}$	
M120x4	
Ra0,8	
$\Phi 74 \text{ H7}$	

Partie B : MECANIQUE GENERALE

B.1) ETUDE DYNAMIQUE

On s'intéresse dans cette partie à l'étude du système mécanique permettant d'orienter le réflecteur parabolique pour capter les ondes électromagnétiques. Cette orientation est assurée d'une part par un premier mouvement de rotation autour d'un axe vertical et d'autre part par un second mouvement de rotation autour d'un axe horizontal. Le système est défini par le schéma cinématique simplifié de la figure 7.

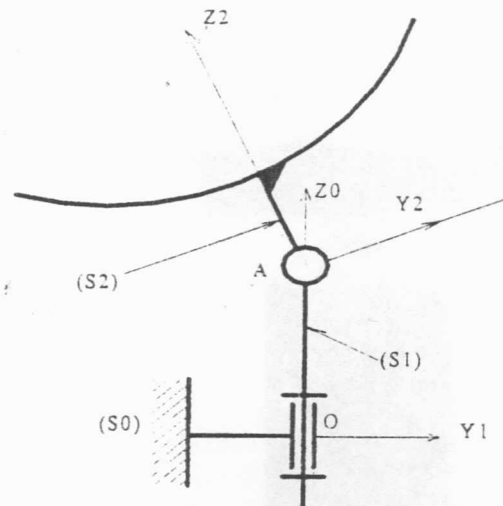


Figure 7 : Schéma cinématique du système.

Les principaux solides supposés indéformables constituant le système sont le bâti fixe (S_0), la plate-forme (S_1) mobile qui est en liaison pivot parfaite d'axe $(O, \vec{Z}_0)$ avec (S_0) et le support du réflecteur (S_2) mobile qui est en liaison pivot parfaite d'axe $(A, \vec{X}_1)$ avec (S_1).

La plate forme est caractérisée par une masse m_1 et par une matrice d'inertie J_1 . Le support du réflecteur est caractérisé par une masse m_2 et une matrice d'inertie J_2 . On donne :

$$J_1(S_1, A) = \begin{pmatrix} A_1 & -F_1 & -E_1 \\ -F_1 & B_1 & -D_1 \\ -E_1 & -D_1 & C_1 \end{pmatrix}_{(A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)} \quad \text{et} \quad J_2(S_2, A) = \begin{pmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & -D_2 \\ 0 & -D_2 & C_2 \end{pmatrix}_{(A, \vec{x}_1, \vec{y}_2, \vec{z}_2)}$$

Les repères orthonormés directs et les paramètres adoptés sont définis comme suit :

$R_0(O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0, \vec{Z}_0)$: repère absolu galiléen associé à (S_0),

$R_1(O, \vec{X}_1, \vec{Y}_1, \vec{Z}_0)$: repère associé à (S_1), $R_2(A, \vec{X}_1, \vec{Y}_2, \vec{Z}_2)$: repère associé à (S_2),

avec $(\vec{X}_0, \vec{X}_1) = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_1) = \varphi_1$ suivant $\vec{Z}_0$ et $(\vec{Y}_1, \vec{Y}_2) = (\vec{Z}_0, \vec{Z}_2) = \varphi_2$ suivant $\vec{X}_1$,

$\vec{OG}_1 = h \vec{Z}_0$, $\vec{OA} = H \vec{Z}_0$ et $\vec{AG}_2 = R \vec{Z}_2$ avec R, H et h des constantes positives.

G_1 et G_2 sont respectivement les centres de masse de (S_1) et (S_2). La plate-forme (S_1) est entraînée en rotation autour de l'axe $(O, \vec{Z}_0)$ par rapport au bâti (S_0) par un actionneur agissant

avec un couple : $\vec{C}_{m1} = C_{m1} \vec{Z}_0$. Le support (S_2) est entraîné en rotation autour de l'axe

$(A, \vec{X}_1)$ par un actionneur, placé entre (S_1) et (S_2), agissant avec un couple : $\vec{C}_{m2} = C_{m2} \vec{X}_1$.

Le système se trouve dans le champ de la pesanteur supposé constant : $\vec{g} = -g \vec{Z}_0$.

Dans ce qui suit les expressions vectorielles doivent être exprimées dans la base $(\vec{X}_I, \vec{Y}_I, \vec{Z}_0)$.

B.1.1) Déterminer les torseurs cinématique, cinétique et dynamique de chaque solide au point A en mouvement par rapport au bâti (S_0).

B.1.2) Etablir alors l'expression de l'énergie cinétique du système (S) constitué de (S_1) et (S_2) dans son mouvement par rapport au bâti (S_0).

B.1.3) Faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures appliquées sur chacun des solides (S_1) et (S_2).

B.1.4) Etablir les équations scalaires obtenues par application du théorème de la résultante dynamique au mouvement des solides (S_1) et (S_2) par rapport au bâti (S_0).

B.1.5) Etablir les équations scalaires obtenues par application du théorème du moment dynamique défini au point A pour le mouvement des solides (S_1) et (S_2) par rapport au bâti (S_0).

B.1.6) En déduire les équations de mouvement des solides (S_1) et (S_2) par rapport au bâti (S_0).

B.2) RESISTANCE DES MATERIAUX

Pour simplifier les calculs de dimensionnement de la vis (15), on suppose que la liaison pivot assurant son guidage en rotation par rapport au bâti fixe se compose d'une liaison linéaire annulaire d'axe $(A, \vec{X})$ et d'une liaison rotule de centre C. La vis est modélisée par une poutre droite de section circulaire constante (figure 8). Les torseurs des actions mécaniques aux points B et D sont définis sous la forme suivante:

$$\left\{ \tau_B \right\} = \begin{Bmatrix} 726 & -463 \\ -1885 & 0 \\ -5148 & -65 \end{Bmatrix}_{(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})} \quad \left\{ \tau_D \right\} = \begin{Bmatrix} -116883 & 463 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})}$$

N. B. Le torseur d'actions mécaniques en un point P est noté : $\left\{ \tau_P \right\} = \begin{Bmatrix} X & L \\ Y & M \\ Z & N \end{Bmatrix}_{(P, \vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})}$ avec

X, Y et Z les composantes de la résultante exprimées en N et L, M et N sont les composantes du moment résultant exprimées en mN au point P.

Les composantes des forces sont exprimées en N et les composantes des moments sont exprimées en mN. On donne : $a=b=50 \text{ mm}$ et $c=6 a$

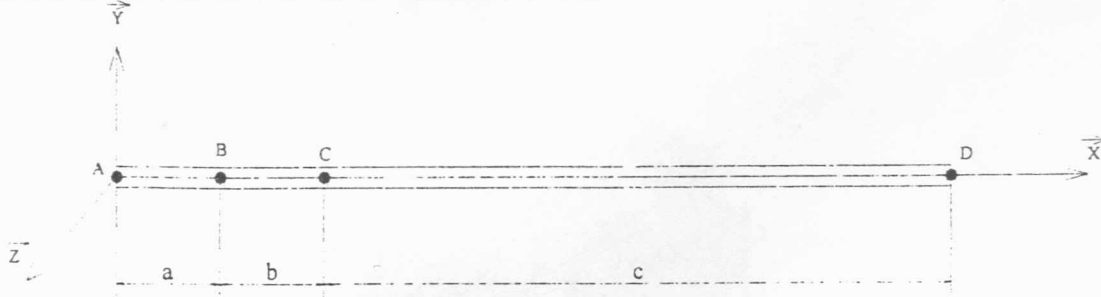


Figure 8 : Modélisation de l'arbre.

B.2.1) En étudiant l'équilibre de cette poutre, déterminer les torseurs des actions mécaniques appliquées sur la poutre aux points A et C.

B.2.2) Déterminer le torseur des efforts de cohésion tout au long de la ligne moyenne de la poutre.

B.2.3) Tracer les diagrammes des efforts de cohésion le long de la ligne moyenne de la poutre.

B.2.4) Déterminer le diamètre de l'arbre assurant sa résistance à la torsion sachant que la contrainte de cisaillement maximale admissible est : $\tau_{max}(adm) = 50 \text{ MPa}$. Vérifier pour ce diamètre, la résistance de la poutre à la contrainte normale produite par l'effort normal, conclure. On donne la contrainte maximale admissible : $\sigma_{max}(adm) = 200 \text{ MPa}$.

PARTIE C : AUTOMATIQUE

N.B. : les deux sections C.1 et C.2 sont indépendantes.

Dans cette partie, on s'intéresse à l'étude de l'asservissement de position angulaire du réflecteur autour de l'axe vertical $(O, \vec{Z}_0)$ (voir la mise en situation figures 1 et 2). Il s'agit d'une étude simplifiée comme l'indique le schéma bloc de la figure 9. Le dispositif d'entraînement du réflecteur considéré ici est un servomécanisme électrohydraulique.

Cette partie est composée en deux sections qui sont totalement indépendantes. Dans la première section C.1, on suppose que la position angulaire du réflecteur est mesurée par un codeur incrémental. Ce dernier fait l'objet d'une étude combinatoire pour détecter le sens du mouvement du réflecteur. Dans la deuxième section, on s'intéresse plus particulièrement à la mise en oeuvre de l'asservissement de position angulaire du réflecteur.

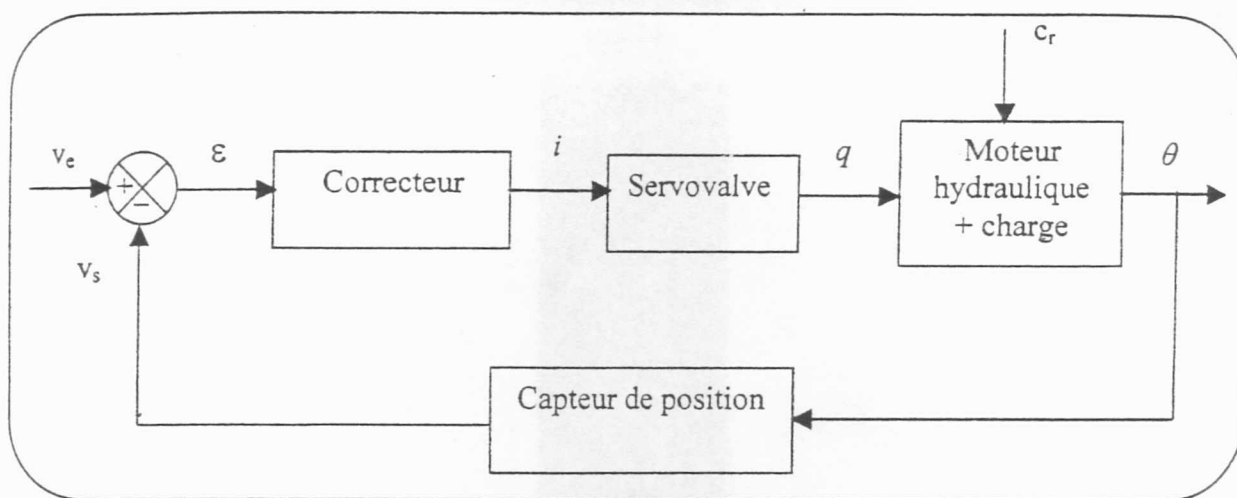


Figure 9 : Schéma bloc d'asservissement de position angulaire.

L'ensemble des variables et des paramètres utilisés dans cette partie sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Liste des variables		Liste des paramètres	
v_e	Tension de référence (en V)	c	Cylindrée par radian du moteur hydraulique (en m^3)
v_s	Tension de sortie du capteur de position (image de la position angulaire de l'arbre du moteur)	k_h	Raideur hydraulique en rotation (en mN/rad)
ε	Signal d'erreur (en Volts)	f	Coefficient de frottement visqueux en rotation (en mNs/rad)
i	Courant électrique (en Ampère)	J	Moment d'inertie ramené sur l'arbre du moteur (en $Kg\ m^2$)
q	Débit d'alimentation (en m^3/s)	K_s	Gain de la servovalve (en $m^3/s/A$)
ΔP	Pression de fonctionnement (en Pascal)	K_d	Gain du capteur de position angulaire (V/rad)
θ	Position angulaire (en rad)		
$\omega_m = d\theta/dt$	Vitesse de rotation de l'arbre du moteur (en rad/s)		
c_r	Couple résistant (en mN)		
A, B et Z	Variables booléennes		