

Session 2001

**ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE
DES SYSTEMES**

**SOUS ÉPREUVE U41:
ANALYSE DU COMPORTEMENT D'UN MECANISME**

DOSSIER SUJET REPONSE

DSR 1	A Analyse technologique
DSR 2	B Etude statique du rotor
DSR 3	B Suite étude statique du rotor
DSR 4	C Etude dynamique : démarrage du rotor
DSR 5	D Cinématique et énergétique : déplacement du stator
DS 6	E Résistance des matériaux : flexion de l'arbre du rotor
DSR 7	E Suite résistance des matériaux
DS 8	F Caractéristiques de la pompe d'alimentation du raffineur

Vérification des caractéristiques et des capacités

A1) Pendant le raffinage, le passage de la pâte dans l'entrefer existant entre les lames du rotor et celles du stator entraîne une usure également répartie de ces lames. Pour conserver une même possibilité de réglage de l'entrefer, on déplace axialement le stator. Ce déplacement correspond à la course d'usure.

A l'aide des caractéristiques dimensionnelles et techniques, documents DT3 et DT4, déterminer le diamètre minimum du rotor, D_{mini} , et calculer la variation maximale relative de diamètre possible entre un ensemble rotor stator neuf et en fin d'usure. Les garnitures montées sont du type 3 bis A.

$D_{\text{mini}} =$

Variation =

A2) Vérifier si la course d'usure permet d'utiliser la hauteur totale des lames du rotor et celle du stator.

Hauteur des dents du rotor :

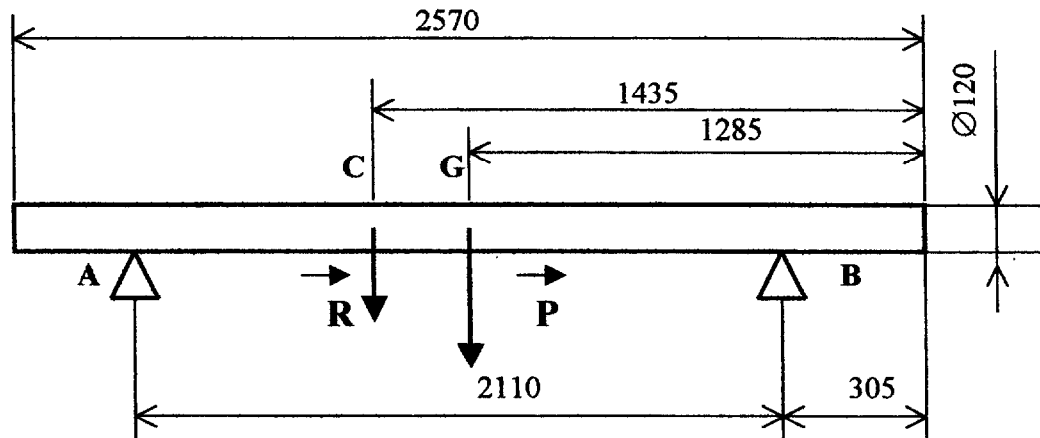
Hauteur des dents du stator :

Vérification :

A3) Le fabricant annonce dans les caractéristiques techniques du raffineur, document DT4, une vitesse circonférentielle du rotor de 18,72 m/s. Dans le but de préciser cette valeur, calculer la vitesse tangentielle du rotor à la sortie des lames et comparer cette valeur à celle donnée par le fabricant. On connaît la vitesse de rotation du rotor et son diamètre D , voir documents DT3 et DT4.

Vitesse tangentielle du rotor à la sortie des lames :

$V =$

B**ETUDE STATIQUE DU ROTOR**

B1) On assimile l'arbre du rotor à un cylindre de diamètre moyen 120 mm et de longueur 2570 mm en acier de masse volumique $7,8 \text{ kg/dm}^3$, en appui sur deux paliers A et B. Déterminer la masse M_{arbre} de l'arbre :

$M_{\text{arbre}} =$

B2) L'ensemble des garnitures monté sur l'arbre a une masse de 263 kg assimilée à une action R en C. Déterminer statiquement les actions radiales en A sur le palier avant et en B sur le palier arrière.

Données : $g = 10 \text{ m/s}^2$

A =

B =

B3) Palier A. Le palier avant A est constitué de deux roulements à billes à deux rangées de billes à contact oblique, type B, série 33, référence 3322. On suppose qu'un seul roulement supporte la charge axiale, mais qu'ils se partagent la charge radiale estimée à 2500 N. Pendant le fonctionnement du raffineur, la présence de la pâte crée sur le rotor une charge axiale de 1600 daN appelée par le constructeur charge dynamique. A l'aide des tableaux, charge équivalente et diagramme de calcul de la durée de vie, sur le document DT5 et du document DT6, calculer :

- la charge dynamique équivalente P supportée par le roulement le plus chargé.

$P =$

- la valeur de C/P .

$C/P =$

- la durée de vie en années du roulement sachant que le raffineur fonctionne 24 heures sur 24 et 350 jours par an.

Durée de vie :

B4) Palier B. On veut vérifier que la charge C / Fr du roulement à rouleaux cylindriques du palier arrière B est nettement supérieure à 30.

données : roulement NU 322 EG15
documents DT 7 et DT8

Relever dans le tableau DT8 la charge dynamique C du roulement, calculer le rapport C / Fr , comparer à la valeur maximum donnée dans le diagramme de calcul de la durée de vie du document DT7, conclusion :

Démarrage du rotor à vide : dynamique en rotation

Le démarrage à vide du rotor du raffineur s'opère à couple constant. Le couple résistant C_r dû aux efforts sur les paliers et aux deux presses étoupe est mesuré à 25 daN.m. L'arbre est toujours assimilé à un cylindre plein de longueur 2570 mm et de diamètre moyen 120 mm.

C1) Déterminer le moment d'inertie de l'arbre sachant que $J_{ox\ arbre} = 1/8 M D^2$

M masse de l'arbre en kg

D diamètre de l'arbre en m.

Masse volumique de l'acier : 7800 kg/m^3

$J_{ox\ arbre} =$

C2) Le moment d'inertie des lames du rotor autour de l'axe de rotation $J_{ox\ lames}$ est estimé à $1,28 \text{ kgm}^2$. Calculer le moment d'inertie de l'ensemble en rotation.

$I_{total} =$

C3) La durée de la phase de démarrage, mouvement de rotation uniformément accéléré, ne doit pas excéder 4 s. Déterminer l'accélération du mouvement.

$\omega' =$

C4) Calculer la puissance maximum P_{maxi} nécessaire pour démarrer le rotor dans le temps imparti en utilisant l'équation de moment dynamique autour de l'axe de rotation.

$P_{maxi} =$

C5) Comparer avec la puissance du moteur disponible, conclusion :

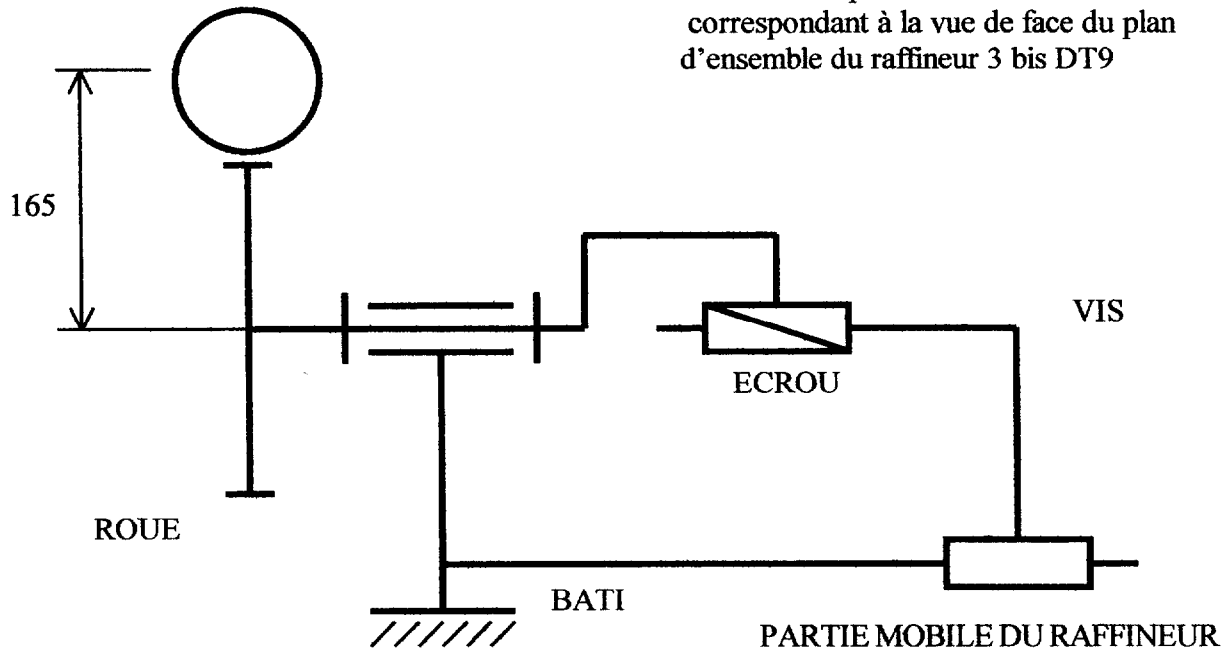
D CINEMATIQUE ET ENERGETIQUE : DEPLACEMENT DU STATOR

Déplacement du stator en mode automatique

Dispositif de commande

PIGNON ARBRE DE COMMANDE

Schéma du dispositif de manœuvre
correspondant à la vue de face du plan
d'ensemble du raffineur 3 bis DT9



Un moto réducteur SF 40 commandé par l'automate programmable qui gère le fonctionnement du raffineur, entraîne un arbre de commande sur lequel est monté un pignon cylindrique à denture hélicoïdale de 26 dents, celui-ci engrène avec une roue cylindrique à denture hélicoïdale de 52 dents. Cette roue est solidaire d'un écrou, une vis complètement liée à la partie mobile du raffineur permet le déplacement du stator.

D1) Déterminer les liaisons suivantes :

- partie mobile du raffineur / bâti :
- vis / écrou :
- bâti / roue :

D2) A l'aide des documents DT4 et DT9, déterminer la fréquence de rotation de l'écrou de commande, en déduire la vitesse de déplacement du stator (partie mobile du raffineur).

$$N_{\text{écrou}} =$$

$$V_{\text{stator}} =$$

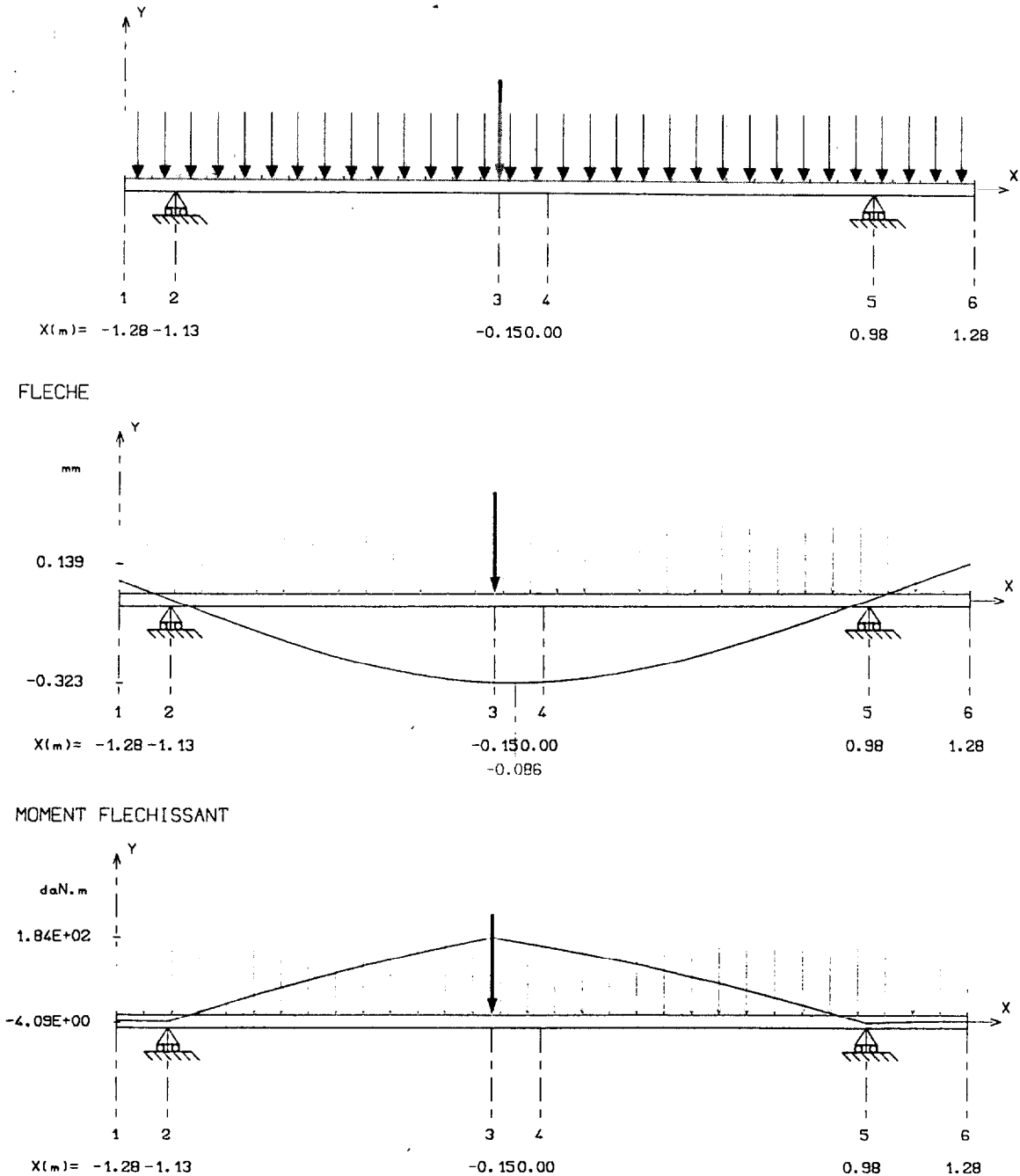
D3) Les rendements des différents dispositifs intervenants dans la transmission sont donnés dans le formulaire DT4. Déterminer la puissance disponible pour translater la partie mobile du raffineur.

$$P_{\text{stator}} =$$

E RESISTANCE DES MATERIAUX FLEXION DE L'ARBRE DU ROTOR

On veut vérifier l'influence de la flexion de l'arbre du rotor sur l'entrefer du raffineur et déterminer la contrainte normale maximum due aux efforts radiaux supportés par le rotor. L'arbre est modélisé comme un cylindre de 2570 mm de longueur et de 120 mm de diamètre. Il se comporte comme une poutre uniformément chargée à laquelle on ajoute une charge ponctuelle correspondant aux lames du rotor.

Le logiciel RDM donne les trois représentations ci-dessous :



ITANA

Ces trois représentations correspondent:

- à la modélisation de la poutre, le nœud 4 est le milieu géométrique, la charge ponctuelle correspondant aux lames du rotor est estimée à 2630 N.
- à la flèche.
- au diagramme du moment fléchissant.

E1) En partant de l'hypothèse que l'entrefer moyen lors de la phase de démarrage du rotor permet un écoulement continu de la pâte, c'est à dire même section de passage que pour les orifices d'entrée et de sortie, DN 150, A l'aide des documents DT3, déterminer la valeur de l'entrefer à l'entrée des lames.

Section de l'orifice d'entrée :

$S =$

Détermination du diamètre d des lames du rotor côté entrée :

$d =$

Valeur de l'entrefer E :

$E =$

E2) Sur la représentation RDM (flèche), lire la valeur maximum de la flèche.

$f_{\text{maxi}} =$

E3) Calculer la variation relative $V\%$ entre la valeur de la flèche et la valeur de l'entrefer : conclusion.

$V\% =$

E4) Sur la représentation RDM (moment fléchissant) , lire la valeur du moment fléchissant maximum.

$Mf_{\text{maxi}} =$

E5) Déterminer la contrainte maximum σ_{maxi} due aux charges radiales supportées par l'arbre du rotor à l'aide des relations données dans le formulaire DT12.

$\sigma_{\text{maxi}} =$

F CARACTÉRISTIQUES DE LA POMPE D' ALIMENTATION DU RAFFINEUR

Documents utilisés :

ITANA

DT10 (schéma hydraulique); DT11 (pertes de charges); DT12 (formulaire)

Hypothèses :

Les vannes CV1 et CV2 sont fermées.

La vitesse de descente ou de montée du niveau V_A en A, est considérée comme nulle.

Le cuvier amont est à l'air libre.

Données :

Concentration de la pâte : $c = 3,5\%$

Température de la pâte dans le circuit : $T = 40^\circ\text{C}$

Débit dans la canalisation : $Q = 70 \text{ m}^3/\text{h}$

Diamètre de la canalisation : $d = 150 \text{ mm}$

$z_A = 5 \text{ m}$ $z_B = z_C = z_D = z_E = 0$ $z_F = 10 \text{ m}$

$p_A = p_{\text{atm}}$

Tension de vapeur de la pâte à papier de concentration $c = 3,5\%$ à $T = 40^\circ\text{C}$: $p_v = 7100 \text{ Pa}$

Masse volumique de la pâte à $T = 40^\circ\text{C}$: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Caractéristiques de la canalisation :

voir DT11

Questions : répondre sur une feuille de copie

F1) Déterminer la vitesse de la pâte dans la canalisation.

F2) Déterminer la longueur équivalente de conduite à l'aspiration Le_a .

F3) Déterminer la longueur équivalente de conduite au refoulement Le_r .

F4) En déduire la perte de charge H_{j_a} dans le circuit d'aspiration exprimée en J / kg (m) et en Pa.

F5) En déduire la perte de charge H_{j_r} dans le circuit de refoulement exprimée en J / kg (m) et en Pa.

F6) Quels que soient les résultats trouvés aux questions F1), F 4) et F5), on prendra pour la suite :
 $V = 1 \text{ m/s}$; $H_{j_a} = 12 \text{ m}$; $H_{j_r} = 20 \text{ m}$. En appliquant le théorème de Bernoulli entre les points A et D du circuit, déterminer sous forme de hauteur de colonne d'eau l'énergie que doit apporter la pompe à un kg de fluide la traversant pour assurer la pression absolue $p_D = 0,35 \text{ MPa}$.