

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2007**

**EPREUVE E4
MOTORISATION DES SYSTEMES**

Durée : 3 heures

Aucun document n'est autorisé

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)

Le sujet comporte trois dossiers :

- un dossier technique
- un dossier travail
- un dossier réponse

Le dossier réponse est à joindre aux feuilles de copie.

THÈME :

CENTRE D'USINAGE À COMMANDE NUMÉRIQUE ODISEA

**EPREUVE E4
MOTORISATION DES SYSTEMES**

DOSSIER TRAVAIL

CENTRE D'USINAGE À COMMANDE NUMÉRIQUE ODISEA

Ce dossier comporte 4 pages.

Temps conseillé :	
Lecture du sujet :	15 min
1- Vérification des capacités d'usinage :	
1.1 Motorisation de la broche	1h15
1.2 Motorisation de l'axe X	45 min
2- Etude dynamique de l'entraînement de la broche	15 min
3- Acquisition de données	15 min
4- Recherche d'un principe de solution	15 min

1 - VÉRIFICATION DES CAPACITÉS D'USINAGE

Ce centre d'usinage, de petite puissance, est conçu pour usiner principalement de l'aluminium 2017A, avec des outils en acier rapide.

En fraisage, avec une fraise de diamètre 20 mm, pour des opérations de rainurage en ébauche, le constructeur donne une profondeur de passe maximale de 5 mm.

L'utilisateur se demande si sa fraiseuse peut usiner des pièces en acier, dans les mêmes conditions.

Objectifs :

Dans cette partie, vous allez, d'un point de vue motorisation, vérifier les caractéristiques données par le constructeur, et répondre à la question que se pose l'utilisateur.

Pour cela, il faut s'assurer que :

- le moteur est capable d'entraîner la broche à la vitesse de rotation voulue,
- la puissance fournie à la broche est suffisante,
- la force d'avance fournie par les moteurs d'axe est suffisante,
- la vitesse d'avance nécessaire peut être atteinte.

1.1. MOTORISATION DE LA BROCHE

La broche est entraînée par un moteur asynchrone triphasé motoventilé. La transmission moteur/broche est assurée par un réducteur à courroie Poly V. Un variateur de vitesse ATV31 alimente le moteur, voir document technique DT1.

Question 1 : A partir de la plaque signalétique du moteur, déterminer les caractéristiques nominales du moteur :

- vitesse de rotation N_{mn} ,
- puissance utile P_{mn} ,
- couple utile T_{mn} ,
- fréquence d'alimentation f_n ,
- nombre de paires de pôles.

Reporter vos résultats dans le tableau 1 du document réponse DR1.

1.1.1 - Usinage de l'aluminium

Rappel des conditions d'usinage : rainurage en ébauche avec une fraise de diamètre 20 mm en acier rapide, la profondeur de passe est de 5 mm.

Question 2 : Déterminer, en utilisant les documents DT1 et DT2 :

- la vitesse de rotation du moteur N_{m1} ,
- la puissance utile que doit fournir le moteur P_{m1} ,
- le couple moteur T_{m1} .

- Question 3 :** On considère que pour cette vitesse de rotation, la vitesse de synchronisme N_{s1} du moteur est de 6000 tr/min, déterminer :
- la fréquence f_1 de la tension d'alimentation du moteur,
 - la zone des caractéristiques de couple du variateur de vitesse où se situe cette fréquence,
 - le glissement g_1 du moteur.

Reportez vos résultats dans le tableau 1 du document réponse DR1.

- Question 4 :** L'ensemble moto-variateur permet-il d'assurer ces conditions de coupe ? Justifier la réponse.

1.1.2 - Usinage de l'acier

Les conditions d'usinage sont les mêmes que pour l'aluminium, (fraise $\Phi 20$, et profondeur 5 mm), mais la vitesse d'avance et la vitesse de rotation de la broche doivent être adaptées à l'usinage de l'acier.

- Question 5 :** Déterminer, en utilisant les documents DT1 et DT2 :
- la vitesse de rotation du moteur N_{m2} ,
 - la puissance utile que doit fournir le moteur P_{m2} ,
 - le couple moteur T_{m2} ,
 - la fréquence d'alimentation du moteur f_2 , en faisant l'hypothèse que le glissement vaut $g_2 = 4,5\%$.

Reportez vos résultats dans le tableau 1 du document réponse DR1.

- Question 6 :** L'ensemble moto-variateur permet-il d'usiner de l'acier dans ces conditions de coupe? Justifier la réponse.

1.2. MOTORISATION DE L'AXE X

Les moteurs des axes sont des servomoteurs à courant continu à aimants permanents. La transmission moteur-chariot s'effectue via un réducteur par courroie synchrone de rapport

$$\frac{N_v}{N_m} = \frac{2}{5} \text{ entraînant une vis à billes de pas } p = 5 \text{ mm, voir document technique DT3.}$$

1.2.1 - Vérification de la vitesse moteur.

On rappelle que la vitesse d'avance de l'axe X doit être réglée à 500 mm/min.

- Question 7 :** Déterminer la vitesse de rotation N_m , en tr/min, du moteur de l'axe X.

- Question 8 :** La force électromotrice est proportionnelle à la fréquence de rotation, voir DT3. En déduire la force électromotrice E exprimée en V.

Question 9 : Caractéristiques électromécaniques :

On rappelle que le couple électromagnétique T_E est proportionnel à l'intensité du courant.

- Donner le coefficient de proportionnalité.
- En déduire que l'intensité absorbée par le moteur a pour valeur $I = 2 \text{ A}$ si $T_E = 0,24 \text{ Nm}$.

Question 10 : Le modèle équivalent électrique de l'induit d'un moteur à courant continu est donné sur le document technique DT3.

- En déduire la relation entre U , E et R_I .
- Montrer que la fréquence de rotation du moteur, pour $I = 2 \text{ A}$, est donnée par la relation : $N_m = a.U + b$ avec N_m exprimée en tr/min.
- Exprimer les valeurs littérales de a et b , puis leurs valeurs numériques.

Question 11 : En déduire la tension U aux bornes de l'induit pour cette vitesse d'avance.

1.2.2 - Vérification du couple moteur.

L'étude porte sur l'usinage de l'aluminium, dans les conditions précédemment citées.

Question 12 : A partir du document DT2 et DT3, en faisant l'hypothèse simplificatrice que la puissance requise à la table correspond à la puissance d'avance.

- Déterminer la puissance d'avance P_a nécessaire à la table.
- En déduire le couple moteur T_m nécessaire.

Question 13 : Vérifier que le couple T_m du moteur choisi convient. Justifier la réponse.

Question 14 : L'ensemble moto-variateur, permet-il d'entraîner l'étau mobile correctement sachant que le variateur a une puissance de 360W, une tension continue en sortie variant de +60V à - 60V et un courant limité à 6A ?

2 - ETUDE DYNAMIQUE DE L'ENTRAÎNEMENT DE LA BROCHE

Pour réaliser un usinage de qualité, il est nécessaire que l'outil ait atteint sa vitesse nominale lorsqu'il entre en contact avec la pièce à usiner.

Pour réduire les temps de changement d'outil, la montée en vitesse se fait pendant l'approche.

Objectif :

Vérifier que le temps de démarrage de la broche est inférieur au temps d'approche.

La vitesse d'avance maximale utilisée en approche est de 5000 mm/min.

Après un changement d'outil, la distance d'approche minimale est de 50 mm.

Le démarrage du moteur asynchrone se fait en utilisant des rampes linéaires, voir DT4.

Notations et données : voir DT4.

Question 15 : Déterminer la durée t_a de la phase d'approche dans les conditions données ci-dessus.

Question 16 : Déterminer le moment d'inertie total J_T ramené sur l'arbre moteur.

Question 17 : Déterminer le temps de démarrage $t_{\text{démarrage}}$ de la broche et vérifier qu'il n'excède pas le temps d'approche.

3 - ACQUISITION DE DONNÉES : MESURE DE LA POSITION DE L'ÉTAU MOBILE.

Objectifs :

Acquérir la position de l'étau mobile le long de l'axe X et détecter la présence d'un outil sur le carrousel porte-outils.

On veut mesurer la position de l'étau mobile avec une précision de 0,02 mm. Pour assurer cela, il est nécessaire de considérer que la résolution du système de mesure doit être 5 fois meilleure.

La mesure de position est effectuée par un codeur incrémental, monté sur l'arbre du moteur d'entraînement, voir DT5.

Question 18 : Déterminer la résolution du codeur, en points par tour, pour obtenir la précision voulue.

Question 19 : *Le codeur est de type XCC 1406 TR●●K de télémechanique. Compléter la référence (en remplaçant les « ●● » par les valeurs appropriées) afin de pouvoir passer la commande de ce codeur.*

4 - RECHERCHE D'UN PRINCIPE DE SOLUTION : ENTRAÎNEMENT DU CARROUSEL PORTE-OUTILS

Objectifs :

Réaliser le schéma de commande du moteur d'entraînement du carrousel porte-outils et expliciter un principe de solution.

Le carrousel porte-outils est entraîné par un motoréducteur à courant continu à aimants permanents. Il peut tourner dans deux sens de rotation, sa commande est assurée par deux contacteurs : KM1 et KM2.

Sens de rotation normal : KM1 au repos, KM2 commandé,.

Sens de rotation inverse : KM1 commandé, KM2 au repos.

Question 20 : Compléter le schéma d'alimentation du moteur *carrousel porte-outils* sur document réponse DR1, afin de satisfaire à ce fonctionnement, en repérant les pôles des contacteurs KM1 et KM2.

Question 21 : Donner le nom et la fonction du composant repéré Q5.

Question 22 : Indiquer le rôle des contacts à ouverture KM1, KM2 en série avec les bobines, respectivement KM2, KM1.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2007**

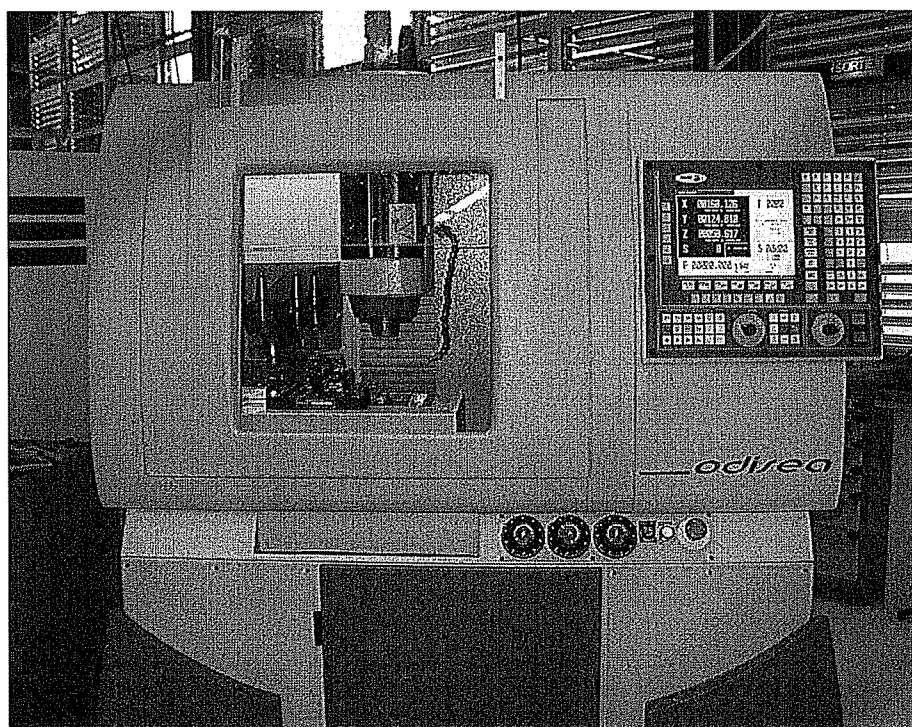
**EPREUVE E4
MOTORISATION DES SYSTEMES**

DOSSIER TECHNIQUE

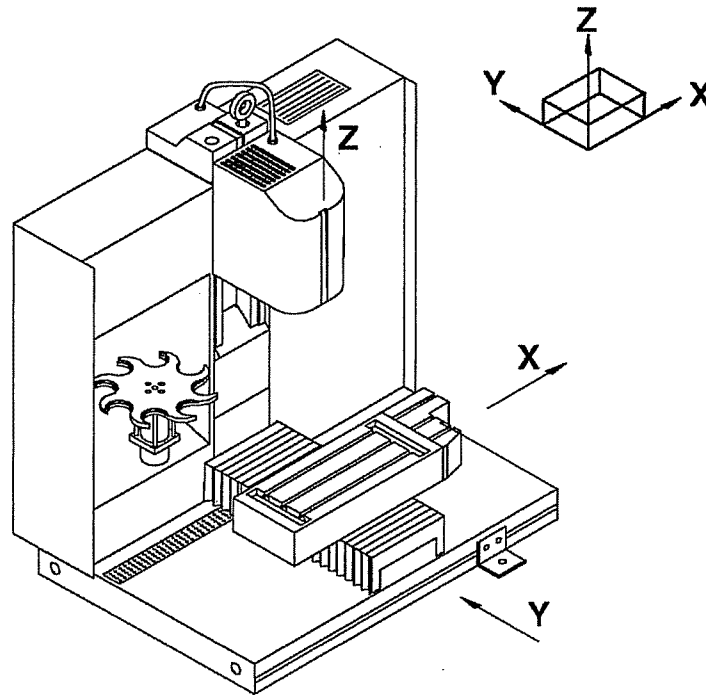
CENTRE D'USINAGE À COMMANDE NUMÉRIQUE ODISEA

Ce dossier comporte 7 pages.

Centre d'usinage à commande numérique ODISEA



Ce centre d'usinage de petite puissance permet d'usiner des pièces, dans une zone de travail de 200 x 200 x 200 mm.



Il est composé de :

- Un étau mobile sur 2 axes X, Y dont on peut régler la vitesse d'avance de 0 à 5000 mm/min avec une erreur de positionnement de 0.02 mm maximum.
- Une broche mobile sur un axe Z entraînant un outil en rotation (100 à 4000 tr/min).
- Un carrousel porte-outils permettant le changement automatique d'outils à 8 positions, le changement d'outil se faisant en 15 s maximum.
- Un dispositif d'arrosage permettant de propulser un liquide de coupe réfrigérant.
- Un centre de commande numérique (CNC) assurant le pilotage de la machine. La programmation de la CNC peut être effectuée en direct ou depuis la GPAO (liaison par réseau Ethernet).

Des commandes manuelles permettent la commande des divers mouvements.

Il est alimenté par le réseau 230V 50Hz monophasé.

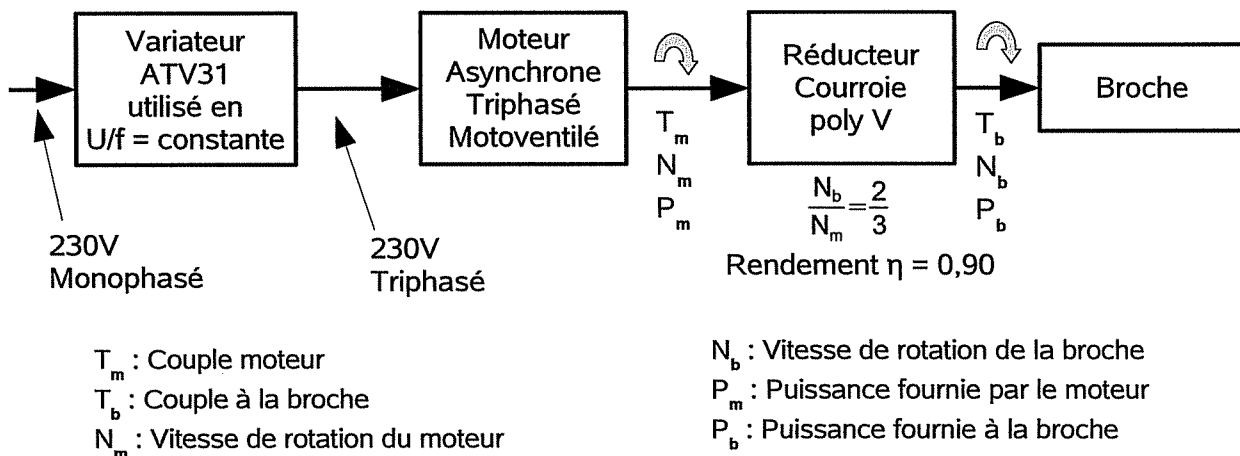
DT1: Motorisation de la broche

Plaque du moteur broche

MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE

50 Hz 1,5 kW 2800 tr/min
 230/400V $\cos\varphi = 0,84$
 6/3,5A

Synoptique de l'entraînement de la broche



Variateur Altivar 31: Caractéristiques de couple (courbes typiques)

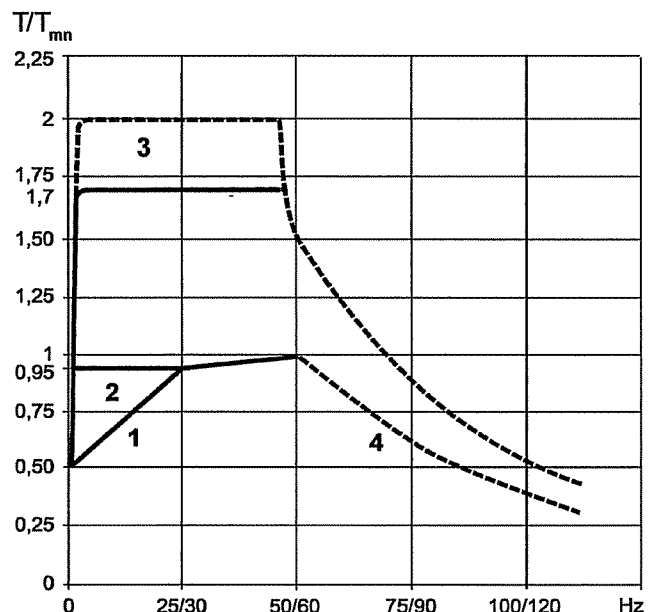
Les courbes ci-contre définissent le couple permanent et le surcouple transitoire disponibles, soit sur un moteur autoventilé, soit sur un moteur motoventilé. La différence réside uniquement dans l'aptitude du moteur à fournir un couple permanent important en-dessous de la moitié de la vitesse nominale.

- 1 Moteur autoventilé : couple utile permanent (1).
- 2 Moteur motoventilé : couple utile permanent.
- 3 Surcouple transitoire 1,7 à 2 Cn.
- 4 Couple en survitesse à puissance constante (2).

(1) Pour les puissances ≤ 250 W, le déclassement est moins important (20 % au lieu de 50 % à très basse fréquence).

(2) La fréquence nominale du moteur et la fréquence maximale de sortie sont réglables de 40 à 500 Hz.

Nota : s'assurer auprès du constructeur des possibilités mécaniques de survitesse du moteur choisi.



Remarque : l'axe des abscisses est gradué en T/T_{mn} :
 T est le couple moteur
 T_{mn} est le couple moteur nominal
 Si $T/T_{mn} = 1$ alors $T = T_{mn}$

DT2: Conditions de coupe en Fraisage (fraise 20 mm)

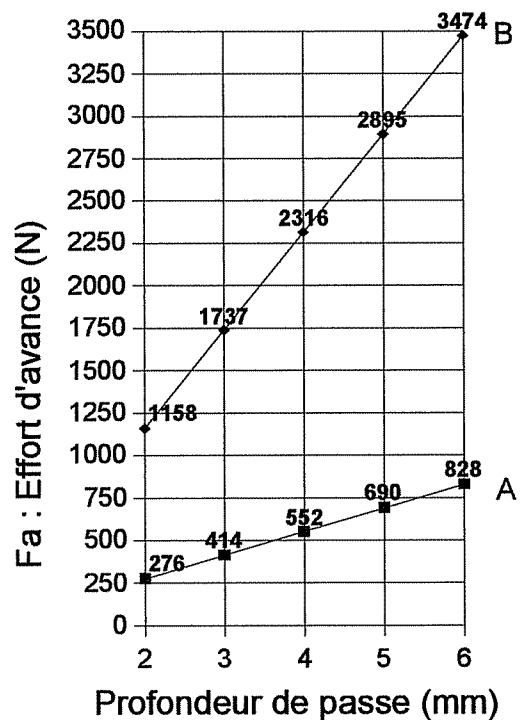
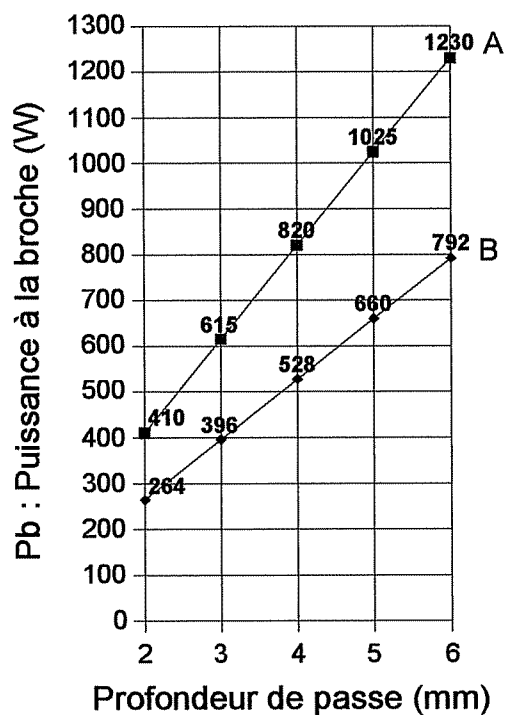
Vitesse d'avance et de rotation de la broche en ébauche de rainurage (fraisage centré) en fonction de la matière à usiner et du type de fraise.	Type de fraise	Acier rapide	
	Matière à usiner	Aluminium 2017A (AU4G)	Acier C10 C18
	Diamètre fraise (mm)	20	20
	Vitesse avance (mm/min)	500	98
	Rotation broche (tr/min)	3821	400
	Durée de la passe de 150 mm (en min)	0,71	6,07
Conditions de coupe : rainurage, fraisage centré, ébauche			

Puissance à la broche et effort d'avance en rainurage

Les courbes ci-dessous donnent l'évolution de la puissance nécessaire à la broche, ainsi que les efforts d'avance, en ébauche de rainurage (fraisage centré) en fonction de la profondeur de passe, pour une fraise de diamètre 20 mm

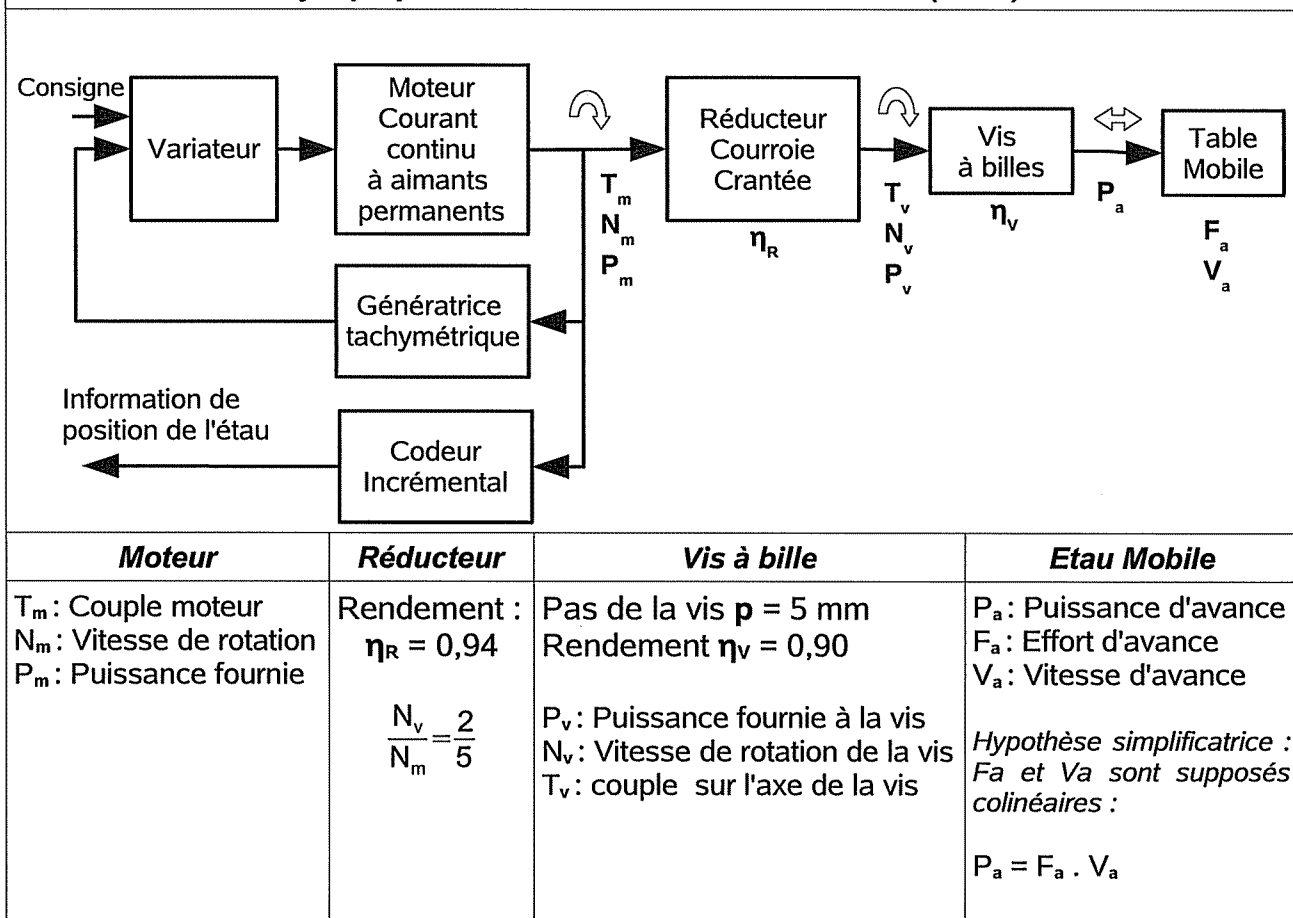
A: Usinage de l'aluminium, fraise en acier rapide.

B: Usinage de l'acier, fraise en acier rapide.



DT3: Motorisation de l'axe X

Synoptique de l'entraînement de l'étau mobile (axe x)



Caractéristiques du moteur utilisé (Extrait de documentation constructeur)

Désignation	Unités	M 589	Modèle équivalent électrique de l'induit
Couple nominal	Nm	0.40	
Couple maximum (2s max.)	Nm	1.44	
Courant nominal	A	3.30	
Courant maximum	A	11.9	
Tension maximale	V	60	
Vitesse maximale	tr/min	4700	
Constante de couple K_T	Nm/A	0,12	
Constante de vitesse K_E	V/1000.tr.min ⁻¹	12,7	
Résistance d'induit	Ω	2	

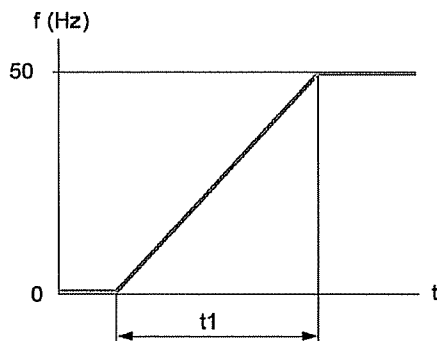
DT4: Etude dynamique de la motorisation de la broche

désignation	notation	valeur
Couple moteur moyen supposé constant au démarrage	T_{MD}	4,75 Nm
Couple résistant moyen pendant la phase de démarrage	T_{RD}	0,8 Nm
Vitesse de rotation du moteur en fin de démarrage	N	5700 tr/min
Moment d'inertie du moteur seul (par rapport à l'axe moteur)	J_M	0,0017 kg.m ²
Moment d'inertie du réducteur (poulies/courroie) (par rapport à l'axe moteur)	J_R	0,0002 kg.m ²
Moment d'inertie maximum du porte outil chargé (par rapport à l'axe moteur)	J_P	0,0003 kg.m ²
Moment d'inertie total ramené sur l'arbre moteur, moteur compris (par rapport à l'axe moteur)	J_T	A calculer

Extrait de la documentation du variateur ALTIVAR 31:

■ Temps des rampes d'accélération et de décélération

Permet la détermination des temps des rampes d'accélération et de décélération en fonction de l'application et de la cinématique de la machine.

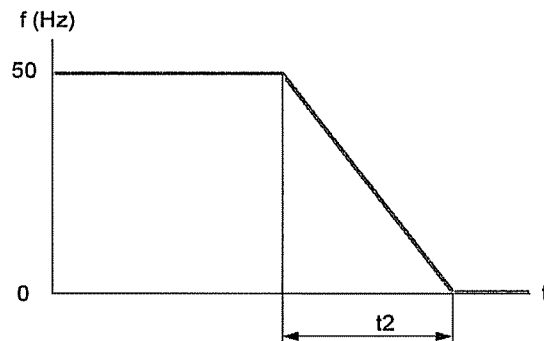


Rampe d'accélération linéaire

t1 : temps d'accélération

t2 : temps de décélération

t1 et t2 réglables indépendamment de 0,1 à 999,9 s; pré-réglage : 3 s.



Rampe de décélération linéaire

Calcul du temps de démarrage

$$J_T \frac{d\Omega}{dt} = T_{MD} - T_{RD}$$

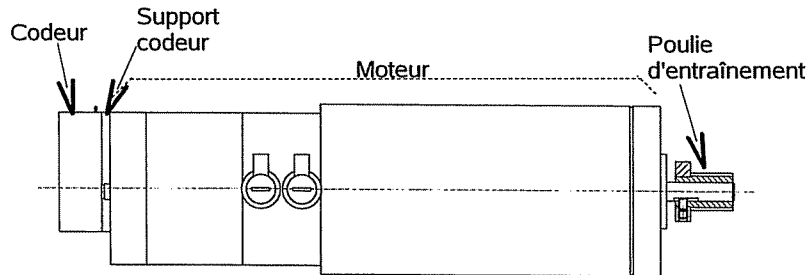
Comme la rampe est linéaire:

$$d\Omega = \Delta\Omega = \Omega_{\text{final}} - 0 = \Omega_{\text{final}}$$

$$dt = \Delta t = t_1 = t_{\text{démarrage}}$$

DT5: Mesure de position de l'étau mobile (axe X)

Le codeur est placé directement sur l'arbre moteur



Codeur incrémental (extrait de la documentation)



XCC 1406TR...



Telemecanique

Codeurs incrémentaux

Osicoder®

Codeurs Ø 40 mm

A axe traversant Ø 6 mm (2)

Résolution	Type de raccordement	Type d'étage de sortie (1)	Tension d'alimentation	Référence	Masse kg
100 points	Câble radial L = 2 m	5 V, RS 422	4,5...5,5 V	XCC 1406TR01R	0,405
		Push-pull	11...30 V	XCC 1406TR01K	0,405
360 points	Câble radial L = 2 m	5 V, RS 422	4,5...5,5 V	XCC 1406TR03R	0,405
		Push-pull	11...30 V	XCC 1406TR03K	0,405
500 points	Câble radial L = 2 m	5 V, RS 422	4,5...5,5 V	XCC 1406TR05R	0,405
		Push-pull	11...30 V	XCC 1406TR05K	0,405
1000 points	Câble radial L = 2 m	5 V, RS 422	4,5...5,5 V	XCC 1406TR10R	0,405
		Push-pull	11...30 V	XCC 1406TR10K	0,405
1024 points	Câble radial L = 2 m	5 V, RS 422	4,5...5,5 V	XCC 1406TR11R	0,405
		Push-pull	11...30 V	XCC 1406TR11K	0,405

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2007**

**EPREUVE E4
MOTORISATION DES SYSTEMES**

DOSSIER REPONSE

CENTRE D'USINAGE À COMMANDE NUMÉRIQUE ODISEA

Ce dossier comporte 1 page.

CPE4MS

DR1 DOCUMENT REPONSE

Tableau 1: Motorisation de la broche (résultats de vos calculs, précisez les unités)

	Valeurs nominales	Usinage de l'aluminium	Usinage de l'acier
Vitesse de rotation			
Puissance moteur fournie			
Fréquence d'alimentation			
Couple moteur fourni			
	N ^b de paires de pôles, p =	Glissement du moteur, g1 =	Glissement du moteur, g2 = 4,5%
		Zone =	

Schéma d'alimentation du moteur du carrousel porte-outils à compléter

Vers sorties CNC

O07 : rotation carrousel

O08 : rotation carrousel inversée

