

ROTATIVE HELIO

ÉTUDE (Questionnaire)

Partie A

A-1 Choix du moteur principal

Données :

CHOIX DU MOTEUR PRINCIPAL

Le type de moteur employé est prévu pour un service continu. La régulation de la vitesse se fait à couple constant. Cette vitesse est réduite par un système poulies courroies et un réducteur à engrenage (renvoi d'angle).

Compte tenu de sa plage d'utilisation, le moteur est moto-ventilé.

Hormis le cas d'arrêt d'urgence, le démarrage et l'arrêt du défilement se fait selon 3 modes : cahier technique (Document DT4)

1) normal

2) lent

3) très lent

Temps pour passer de 0 à 100 m.min⁻¹ en accélération normale : $t_a = 32$ s

Dans le cas d'un arrêt d'urgence, la rotative s'arrête par freinage électrique, le temps d'arrêt varie entre 8 et 15 s.

Caractéristiques de la transmission cahier technique (Document DT3) :

- Système poulies-courroies :

- Poulie 1 : diamètre 150 mm ;
- Poulie 2 : diamètre 300 mm ;
- Rendement 1 : $\eta_1 = 0,95$.

- Renvoi d'angle :

- Roue conique : $z_3 = 12$ dents ;
- Roue conique : $z_4 = 36$ dents ;
- Rendement 2 : $\eta_2 = 0,85$.

- Arbre d'entraînement : en acier de diamètre 60 mm et de longueur 15 m.

Cylindres d'impression cahier technique (Document DT4) :

Ces cylindres, tous identiques, sont constitués d'une âme en acier revêtue d'une couronne en cuivre et d'une couche chromée.

diamètre ext	$d_{ci} = 150 \text{ mm}$	longueur $L = 1,2 \text{ m}$
diamètre âme acier	$d_{â} = 140 \text{ mm}$	épaisseur de la couche chromée négligée
masse volumique de l'acier	$7,8 \text{ Kg.dm}^{-3}$	masse volumique du cuivre $8,9 \text{ Kg.dm}^{-3}$

La vitesse de défilement de la bande varie de $100 \text{ à } 200 \text{ m.mn}^{-1}$

Couple Résistant total sur un cylindre d'impression \vec{Crci} : cahier technique (Documents DT3, DT4)

Il résulte des efforts et des couples suivants :

- effort de tension de la bande \vec{Tb} (daN) (Document DT5) ;

- effort du cylindre de pression \vec{Fp} : $Fp = 150 \text{ N}$;

- couple résistant des éléments entraînés par les cylindres d'impression

$\vec{Cr1}$: $Cr1 = 22,63 \text{ N.m}$;

- couple de frottement dans le guidage en rotation des cylindres d'impression

\vec{Cf} : $Cf = 13,4 \text{ N.m}$;

- effort de la râcle \vec{Fra} : $Fra = 100 \text{ N}$.

CODE : EQAVP	QUESTIONNAIRE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2001
--------------	---------------	-------------------------------------	--------------

Travail demandé : Remplir le document réponse associé à la question

QA-1 : Calcul de la vitesse angulaire du moteur principal.

QA-1.1 : Exprimer l'équation littérale de la vitesse angulaire du cylindre d'impression notée ω_{ci} (Rad.s^{-1}) en fonction de la vitesse de bande V_b (m.mn^{-1}).

QA-1.2 : Exprimer l'équation littérale de la vitesse angulaire du moteur principal notée ω_m (Rad.s^{-1}) en fonction de V_b (m.mn^{-1}).

QA-1.3 : Exprimer l'équation littérale de la fréquence de rotation du moteur principal noté n_m (tr.mn^{-1}) en fonction de V_b (m.mn^{-1}).

QA-1.4 : Faire l'application numérique des questions QA-1.2 et QA-1.3 pour des vitesses de bande égales à 100 et à 200 m.mn^{-1} .

QA-2 : Calcul de l'accélération angulaire du moteur principal.

QA-2.1 : Déterminer l'accélération angulaire du moteur principal notée θ''_m (Rad.s^{-2}) en fonction de la vitesse de bande V_b (m.mn^{-1}), du temps d'accélération t_a et des paramètres de la transmission.

QA-2.2 : Faire l'application numérique de la question précédente pour un temps d'accélération $t_a = 32$ s et une vitesse de bande $V_b = 100$ m.min^{-1} .

QA-3 : Calcul de l'inertie équivalente des 7 cylindres d'impression sur l'arbre du moteur principal.

QA-3.1 : Calculer le moment d'inertie du cylindre d'impression N°4 J_{ci} (Kg. m^2) par rapport à son axe de rotation (y_4).

QA-3.2 : Calculer le moment d'inertie du cylindre d'impression N°4 $J_{ci/ox}$ ramené à l'axe du moteur (ox).

QA-3.3 : Calculer le moment d'inertie des 7 groupes d'impression $J_{7ci/ox}$ ramené à l'axe moteur (ox).

QA-4 : Calcul de l'inertie équivalente de l'arbre d'entraînement sur l'arbre du moteur principal

QA-4.1 : Calculer le moment d'inertie de l'arbre d'entraînement J_{a/x_1} par rapport à l'axe (x_1).

QA-4.2 : Calculer le moment d'inertie de l'arbre d'entraînement $J_{a/ox}$ ramené à l'axe moteur (ox).

CODE : EQAVP	QUESTIONNAIRE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2001
--------------	---------------	-------------------------------------	--------------

QA-5: Calcul du couple résistant des 7 cylindres d'impression sur l'arbre du moteur principal.

Pour une bande en alu recuit de largeur 1200 mm :

QA-5.1 : *Calculer le couple résistant du cylindre d'impression N°4 CRci/y4 (N.m) sur l'axe (y4).*

QA-5.2 : *Calculer le couple résistant du cylindre d'impression 4 CRci/ox (N.m) ramené à l'axe moteur (ox).*

QA-5.3 : *Calculer le couple résistant des 7 groupes d'impression CR7ci/ox (N.m) ramené à l'axe moteur (ox).*

QA-6: Calcul du couple délivré par le moteur principal.

QA-6.1 : *Appliquer le principe fondamental de la dynamique à l'arbre moteur et déterminer le couple moteur Cm pour les valeurs données ci-dessous :*

$$J7ci/ox = 0,1 \text{ Kg.m}^2 \quad Ja/ox = 0,04 \text{ Kg.m}^2$$

$$CR7ci/ox = 130 \text{ N.m}$$

$$\theta'mMax = 4 \text{ Rad.s}^{-2} \quad \omega mMax = 266 \text{ Rad.s}^{-1}$$

QA-7 Calcul de la puissance maximum du moteur principal.

QA-7.1 : *Calculer la puissance Pm que doit délivrer le moteur dans les conditions de la question QA-61.*

QA-7.2 : *On applique à cette puissance calculée un coefficient de sécurité de 1,4. En déduire la puissance moteur maximum Pms.*

QA-8 Choix du moteur.

QA-8.1 : *A partir du cahier technique (Document DT7, moteurs à courant continu LSK 1324 VL) et des calculs précédents, compléter le document réponse.*

A-2 - Modification de la commande du moteur principal

Afin d'améliorer l'ergonomie et la maintenabilité de la rotative, on entreprend une modernisation de l'installation électrique. La nouvelle architecture de la "commande du moteur principal" est donnée ci-dessous. en particulier :

- *le variateur de vitesse analogique du moteur à courant continu sera remplacé par un variateur à contrôle numérique, de technologie récente, garantissant une grande facilité de réglages ;*
- *un terminal de dialogue permettra d'assurer la configuration et les réglages de la rotative. Cependant, on conservera pour la commande quelques boutons poussoirs ;*
- *un Automate Programmable Industriel assurera la gestion du pupitre, du terminal, du variateur et des sécurités de l'ensemble de la rotative.*

1- Données :

1.1 Description générale

L'entraînement électromécanique (voir la fig. 1 page 13) est constitué de 5 éléments principaux :

- *un moteur à courant continu (moteur principal);*
- *un variateur pour moteur à courant continu ;*
- *un automate programmable industriel (A.P.I.) ;*
- *un terminal de dialogue ;*
- *un pupitre de commande.*

L' A.P.I. permet d'intervenir sur le variateur notamment pour régler la vitesse souhaitée.

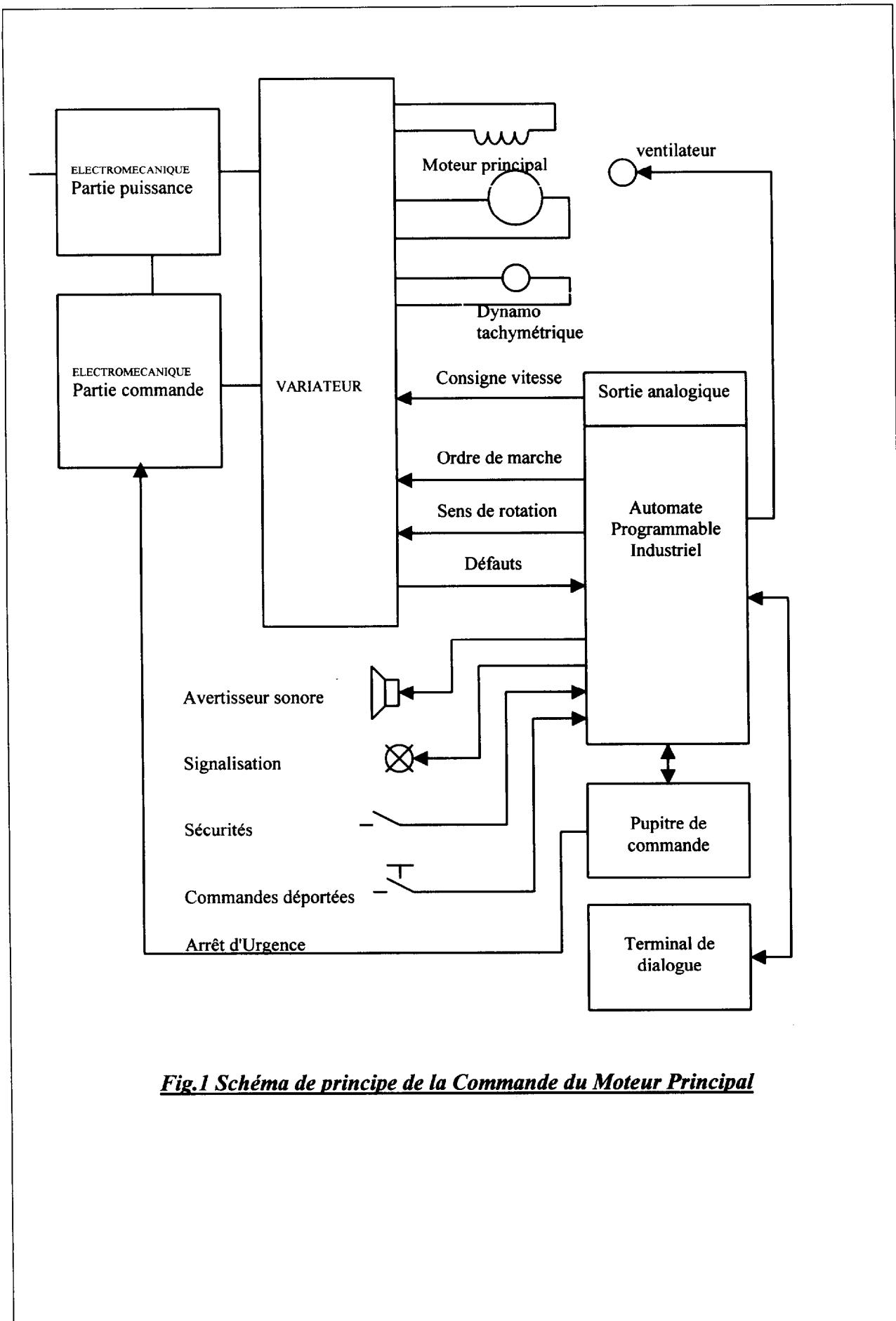


Fig.1 Schéma de principe de la Commande du Moteur Principal

1.2 Moteur à courant continu

Le type de moteur employé est prévu pour un service continu, à une fréquence de rotation de 2500 tours.mn⁻¹. Le couple requis pour l'entraînement des cylindres d'impression est considéré égal à 130 N.m.

Le moteur auto ventilé est prévu pour une régulation de la vitesse comprise entre 25 et 2500 tours.mn⁻¹.

La tension du réseau est de 240 V / 400 V / 50 Hz.

1.3 Variateur de vitesse pour moteur à courant continu

Le moteur doit exercer une action motrice. Toutefois, il doit aussi agir comme un frein dans le cas d'un arrêt d'urgence sur la machine.

Le courant maximal dans le fonctionnement moteur et dans le fonctionnement freinage peut être réglé par configuration du variateur.

L'alimentation du variateur est autorisée par contacteur principal de marche KMI.

1.4 Automate programmable

La fonction principale de l'automate programmable est de produire le signal de consigne qui fixe la vitesse des cylindres de la rotative.

Il assure aussi, en fonction des paramètres saisis par l'intermédiaire du terminal de dialogue :

- le contrôle des rampes d'accélération et de décélération ;
- la commande et le sens de rotation du moteur ;
- la commande de l'avertisseur sonore, des voyants de signalisation et de la ventilation du moteur à courant continu.

1.5 Terminal de dialogue

Situé sur le tableau de commande, sa fonction est d'améliorer l'ergonomie de la commande de la rotative (voir la fig. 2 page 16).

Il permet de configurer le système en déterminant :

- les vitesses de rotation minimales et maximales ;
- les rampes d'accélération et de décélération ;
- les durées des temporisations ;
- les caractéristiques des cylindres d'impression.

Il permet d'agir sur le fonctionnement :

- en choisissant un programme adapté à la production en cours ;
- en choisissant parmi une sélection, les rampes d'accélération et de décélération.

1.6 Pupitre de commande

Situé sur le tableau de commande, il regroupe l'appareillage permettant la mise en service, la mise en rotation, le réglage de la vitesse, l'arrêt normal, l'arrêt d'urgence et le fonctionnement en mode dégradé de la rotative (voir la fig. 2 page 16).

On y trouve les boutons poussoirs suivants :

- | | |
|----------------------------|--|
| - Alarme à la marche | → mise en service |
| - Marche | → mise en rotation |
| - Marche par impulsions | → fonctionnement en mode dégradé : vitesse minimum |
| - Arrêt normal | → rampe de décélération normale |
| - Arrêt d'urgence (ou ARU) | → rampe de décélération minimale |
| - Accélération | → augmentation de la vitesse (plus vite) |
| - Décélération | → diminution de la vitesse (moins vite) |

Remarque : d'autres organes de commande liés à la sécurité (ARU, ...) se trouvent placés de part et d'autre de la rotative.

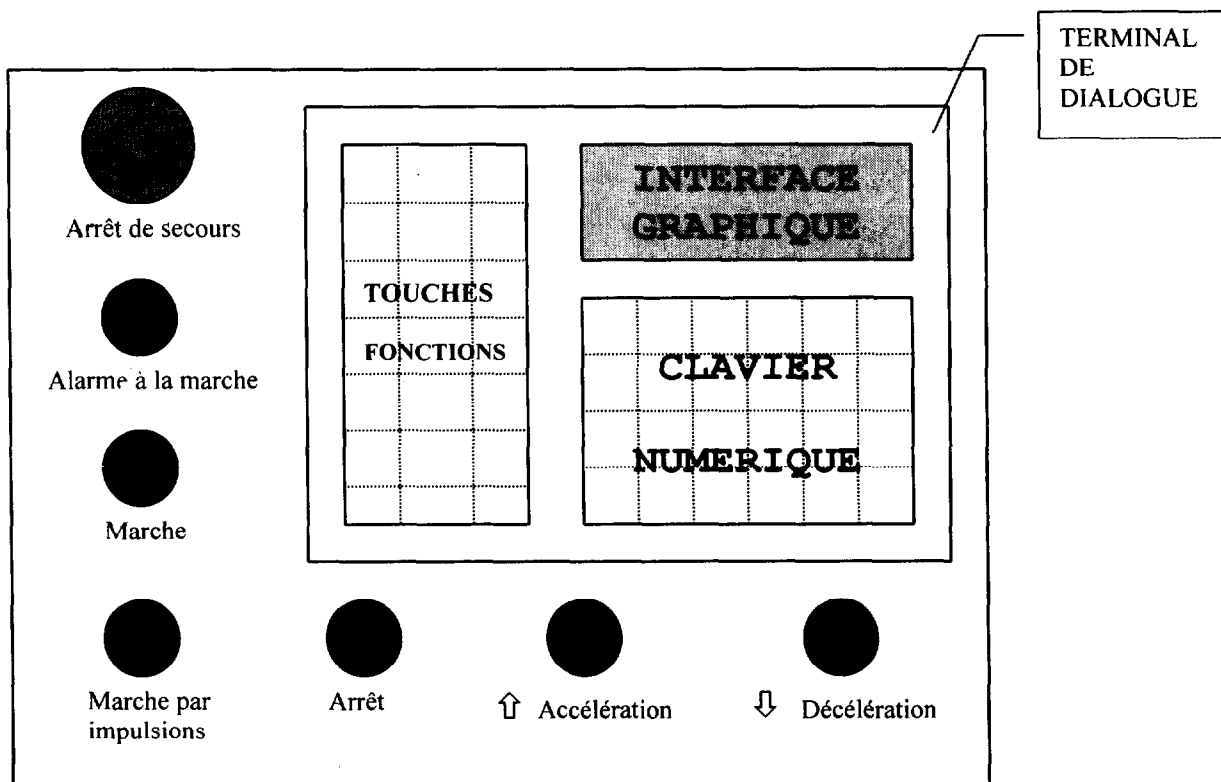


Fig. 2 Pupitre de commande et terminal de dialogue

2- Programme :

La mise en fonctionnement de la rotative suit une procédure particulière pour limiter les risques importants liés à la mise en mouvement des cylindres.

➤ **Alarme à la marche**

Lorsqu'on appuie sur le bouton "**Alarme à la marche**", un avertisseur acoustique entre en fonction et les dispositifs de sécurité concernant les protections de l'entraînement sont rétablis.

Cinq secondes après avoir lâché ce bouton, l'avertissement acoustique cesse de fonctionner. Il reste alors trois secondes pour effectuer les opérations de **Marche** ou de **Marche par impulsions**. Passé ce délai, si aucune de ces opérations n'ont été effectuées, il faut répéter la séquence à partir du début.

Les temporisations 3 et 5 secondes sont réglables.

➤ **Marche normale**

Si on veut effectuer l'opération de mise en marche normale, il faut appuyer sur le bouton "**Marche**" dans les 3 secondes permises par le mode **Alarme à la marche**. A partir de cet instant, on peut donc effectuer l'opération d'**Accélération**. L'opération d'arrêt d'urgence peut être effectuée à n'importe quel moment.

➤ **Marche par impulsions**

Si on veut effectuer la **Marche par impulsions**, après l'opération d'**Alarme à la marche** on dispose aussi de 3 secondes pour valider le fonctionnement.

La rotative se met en marche à la vitesse minimum tant que l'on garde la pression sur le bouton "**Marche par impulsions**". A partir de l'instant où l'on lâche ce bouton, on a 20 secondes pour répéter l'opération de **Marche par impulsions** ou pour effectuer la **Marche** sans devoir refaire l'opération d'**Alarme à la marche**.

La temporisation de 20 secondes est réglable.

La répétition de l'opération **Marche par impulsions** réinitialise la temporisation de 20 secondes.

➤ **Accélération**

Si on appuie sur le bouton "**Accélération**", l'information est prise en compte par une entrée de l'A.P.I., ce qui provoque une augmentation de la vitesse linéaire de la bande jusqu'au moment où l'on relâche ce bouton (réglage de la vitesse souhaitée).

➤ **Décélération**

Si on appuie sur le bouton "**Décélération**", l'information est prise en compte par une entrée de l'A.P.I., ce qui provoque la réduction de la vitesse linéaire de la bande jusqu'à ce qu'on relâche ce bouton. Cette opération interdit l'utilisation du mode **Accélération**.

➤ **Arrêt normal**

Pour effectuer un **Arrêt normal** de la rotative, il faut appuyer sur le bouton "**Arrêt**".

➤ **Arrêt d'urgence**

Dans le cas d'une opération d'arrêt de secours effectuée à travers le bouton à verrouillage **ARU**, ou d'une information "Défaut" provenant du variateur, la rotative s'arrête.

Le temps d'arrêt à partir de la vitesse maximum, obtenu par freinage électrique, peut être réglé entre 8 et 15 secondes.

Travail demandé :

Les réponses et justifications seront reportées sur les documents réponses prévus à cet effet.

QA-9 - MISE EN ŒUVRE DU VARIATEUR

On admettra pour traiter la suite de ce problème que le moteur utilisé est un LSK 1324 VL 13 (LEROY SOMER), ses caractéristiques sont fournies dans le cahier technique (**Documents DT6 et DT7**).

Le variateur de remplacement sera un RECTIVAR®4, ses caractéristiques ainsi que le schéma de base sont fournis dans le cahier technique (**Documents DT8 à DT13**).

- QA-9.1** : Choisir la série du variateur en fonction des contraintes posées dans les paragraphes 1.2 et 1.3 page 14.
- QA-9.2** : Déterminer la tension à appliquer au moteur pour que sa fréquence de rotation soit égale à 2500 tr. mn^{-1} en régime permanent.
- QA-9.3** : Déterminer le courant moyen traversant le moteur dans les conditions énoncées dans le paragraphe 1.2 page 14.
- QA-9.4** : Vérifier que l'association Moteur + Variateur permet d'assurer les performances attendues (vitesse, couple et gamme de vitesse) dans les paragraphes 1.2 et 1.3 page 14. On rappelle que le réseau est du type triphasé $3 \times 400\text{V}/50\text{Hz}$.
- QA-9.5** : Donner la référence commerciale permettant de commander ce variateur.
- QA-9.6** : Déterminer les caractéristiques du contacteur KMI afin d'effectuer un choix parmi ceux proposés dans le cahier technique (**Document DT14**).

CODE : EQAVP	QUESTIONNAIRE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2001
--------------	---------------	-------------------------------------	--------------

QA-9.7 : En prenant pour les circuits de commande du contacteur KM1 et du relais auxiliaire KA1, les caractéristiques données ci-dessous, faire le choix du transformateur T3 voir cahier technique (**Document DT15**).

		KM1	KA1
Tension d'alimentation	$V \sim$	24	24
Consommation moyenne	Appel	VA	30
		$\cos \varphi$	0,3
	Maintien	VA	4,5
		$\cos \varphi$	0,3
Dissipation thermique	W	12.....16	1,3
Durabilité mécanique à U_c	$x 10^6$ manœuvres	10	10
Cadence maximale A température ambiante $< 55^\circ C$	en cycle de manœuvre par heure	2400	3600

QA-9.8 : Dans l'hypothèse où T3 est un transformateur de 250 VA, donner les caractéristiques des fusibles qui permettraient de remplacer les disjoncteurs Q3 et Q5 (**Document réponse RA-9.8**)
Pour Q3, on prendra une valeur égale à 1,6 fois le courant calculé.

QA-10 - RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES

On souhaite que la consigne de vitesse soit produite par l'Automate Programmable Industriel à partir des ordres et des données de configurations produits par l'intermédiaire du pupitre et du terminal de dialogue.

Les caractéristiques des modules d'entrées et de sorties de l'A.P.I. sont données dans le cahier technique (**Documents DT16 à DT20**). Les entrées sont configurées en logique positive (Sink).

QA-10.1 : Sur le document réponse correspondant, compléter le schéma électrique en raccordant le variateur à l'A.P.I.

L'automate devra assurer les fonctions suivantes :

- valider le variateur (RUN),
- délivrer la consigne de vitesse sous la forme d'une tension comprise entre $- 10 V$ et $+ 10 V$ continu.

QA-10.2 : Sur ce même document, effectuer le raccordement des boutons de commande entre le pupitre et l'automate.

QA-11 - AUTOMATISME

La séquence de démarrage est donnée pages 16 et 17 dans le paragraphe 2 (Programme).

QA-11.1 : Représenter cette séquence de démarrage sous la forme d'un GRAFCET de coordination des tâches sur le document réponse sans tenir compte de l'Arrêt d'urgence.

Utiliser *exclusivement* des tâches et des transitions choisies parmi celles proposées ci après, seules ou en les combinant.

Actions	Transitions *
<ul style="list-style-type: none"> - Inhibition des sécurités (INH SEC) - Alarme acoustique (ALARME) - Marche normale (MARCHÉ) - Marche par impulsions (IMPULS) - Temporisation de 3 secondes activée (TEMP3s) - Initialisation de la Tempo. de 3 secondes (RTEMP3s) - Temporisation de 5 secondes activée (TEMP5s) - Initialisation de la Tempo. de 5 secondes (RTEMP5s) - Temporisation de 20 secondes activée (TEMP20s) - Initialisation de la Tempo. de 20 secondes (RTEMP20s) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bouton Alarme à la Marche appuyé (AI↗) - Bouton Alarme à la Marche relâché (AI↘) - Bouton Marche appuyé (M) - Bouton Marche relâché (/M) - Bouton Arrêt appuyé (A) - Bouton Arrêt relâché (/A) - Bouton Marche par impulsions appuyé (IMP) - Bouton Marche par impulsions relâché (/IMP) - Temporisation de 3 secondes terminée (T3s) - Temporisation de 3 secondes en cours (/T3s) - Temporisation de 5 secondes terminée (T5s) - Temporisation de 5 secondes en cours (/T5s) - Temporisation de 20 secondes terminée (T20s) - Temporisation de 20 secondes en cours (/T20s)

* Les transitions précédées d'un " / " sont des transitions de type " complément " : $\overline{/IMP} = IMP$

Fonctionnement des temporisations :

- Les temporisations sont de type Monostable Redéclenchable :
- L'initialisation d'une temporisation de durée T correspond à une remise à zéro du compteur de cette temporisation (Reset).

Chronogrammes associés à une temporisation de 3 secondes

