**BTS ASSISTANCE TECHNIQUE D’INGÉNIEUR**

|  |
| --- |
| **ÉPREUVE E.4 : ÉTUDE D’UN SYSTÈME PLURITECHNOLOGIQUE** |

|  |  |
| --- | --- |
| **Sous épreuve : vérification des performances mécaniques et   électriques d’un système pluritechnologique** | **Unité U42** |

**DOSSIER REPONSES**

**AFFINAGE DE FROMAGES**

**Ce dossier comprend les documents DR 1 à DR 18**

**PRESENTATION DE L'ETUDE.**

Pour augmenter la capacité d’affinage des caves, il a été décidé de modifier les robots de soins pour permettre de traiter plus de meules de fromage en un temps identique. Ainsi il faut :

* vérifier que le cycle de montée des meules de fromage permet de ne pas perdre de temps malgré l’augmentation du nombre de rayonnages ; c’est-à-dire un temps de déplacement inférieur à 5 s pour un déplacement de 3,41 m de la meule de fromage ;
* vérifier que la motorisation et sa commande permettent d’atteindre les objectifs fixés ;
* vérifier que la protection de l’installation reste conforme aux normes en vigueur.

L’étude comporte 5 parties :

**Partie 1 : vérification du paramétrage du système de levage actuel**

Problématique : le profil de vitesse configuré sur le variateur de contrôle de la montée d’une meule de fromage, permet-il de respecter le nouveau cahier des charges ?

**Partie 2 : modification du profil de vitesse moteur**

Problématique : quelle devra être la vitesse de rotation du moteur permettant un temps de déplacement vertical pour la pose d’une meule conforme au nouveau cahier des charges ?

**Partie 3 : étude des performances du moteur**

Problématique : quel devront être le couple de démarrage et le couple nominal du moteur pour pouvoir obtenir le profil de vitesse voulu ?

**Partie 4 : détermination des nouvelles références du moteur et du variateur**

Problématique : quel ensemble motoréducteur et variateur permettra d’atteindre les performances désirées ?

**Partie 5 : alimentation électrique**

Problématique : l’alimentation du variateur et de son moteur permet-elle de respecter les normes en vigueur ?

**Temps conseillés**

**Lecture sujet …………………………………………………………………………… 10 min**

**Partie 1 : ……………………………………………………………………………….. 20 min**

**Partie 2 : ……………………………………………………………………………….. 20 min**

**Partie 3 : ……………………………………………………………………………….. 60 min**

**Partie 4 : ……………………………………………………………………………….. 40 min**

**Partie 5 : ……………………………………………………………………………….. 30 min**

# Partie 1 : vérification du paramétrage du système de levage actuel.

Problématique : le profil de vitesse configuré sur le variateur de contrôle de la montée d’une meule de fromage, permet-il de respecter le nouveau cahier des charges ?

Dans un premier temps, on considère que l’évolution de la vitesse lors de la montée de la meule de fromage est la suivante :

t [s]

Vmax ?

Δt1?

Δt2 ?

Δt3 ?

V[m·s-1]

On se propose dans cette partie de retrouver, à partir des réglages initiaux du variateur et les caractéristiques du moteur, les temps d’accélération Δt1, de décélération Δt3, le temps de fonctionnement à vitesse constante Δt2 et la vitesse maximale de montée Vmax.

La référence du motoréducteur est : FA37 DRE 90M4 pour une vitesse en sortie nominale de 128 tr·min-1.

**Détermination de la vitesse de montée de la machine**

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.1 | **Déterminer** le nombre de **paires** de pôles du moteur, la vitesse nominale du moteur, la puissance nominale du moteur, le coefficient de transmission i et le rapport de réduction k. |
| Voir DT1 à DT3 |

Cadre réponse 1.1

Nb de **paires** de pôles :

Vitesse nominale du moteur : Coefficient de transmission i :

Puissance nominale du moteur : Rapport de réduction k :

Étude des paramètres du variateur de vitesse du moteur de l’élévateur.

A l’aide du logiciel de programmation du variateur, on relève les paramètres suivants :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| C00011 : 1420 | C03502 : 1 | C02522 : 1108 | C02525 : mm |
| C03500/1 : 100 | C03503 : 1 | C02523 :100 | C02524 : 272 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.2 | **Déterminer**, à l’aide de la documentation du logiciel de programmation et des paramètres ci-dessus, la vitesse nominale de rotation du moteur et les temps d’accélération et de décélération. |
| Voir DT4 |

Cadre réponse 1.2

La vitesse nominale de rotation du **moteur** :

Le temps d’accélération :

Le temps de décélération :

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.3 | **Rappeler** et **justifier** les réglages des paramètres C02522, C02523, en utilisant les caractéristiques du rapport de transmission et les caractéristiques mécaniques de la machine. |
| Voir DT4 et  DR 2 (Question 1.1) |

Cadre réponse 1.3

C02522= C02523=

Justification

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.4 | **Rappeler** et **déterminer,** à l’aide de la documentation du logiciel de programmation, et des paramètres C02524 et C02525, le déplacement pour un tour en sortie du réducteur. |
| Voir DT4 |

Cadre réponse 1.4

C02524= C02525=

Déplacement pour un tour en sortie du réducteur :

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.5 | En utilisant les paramètres du variateur, **calculer** la vitesse de montée des meules de fromage qui correspond à la vitesse de référence machine dans la documentation du variateur. Le résultat sera exprimé en m·s-1 |
| Voir DT4 |

Cadre réponse 1.5

**Détermination du temps de déplacement vertical pour la pose d’une meule de fromage**

La course maximale pour la pose d’une meule de fromage est de **3,41** m.

Le temps de déplacement vertical maximal pour la pose d’une meule est de **5** s.

Pour la suite du problème, on suppose :

Δt1 = 1 s

Δt3 = 1 s

Vmax = 0,58 m·s-1

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.6 | **Calculer** la distance parcourue pendant la phase d’accélération. Les phases d’accélération et phases de décélération sont des mouvements rectilignes uniformément variés. |
|  |

Cadre réponse 1.6

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.7 | **Calculer** le temps de déplacement vertical à vitesse constante Δt2 pour une pose d’une meule de fromage lorsque la course totale est de 3,41m. |
|  |

Cadre réponse 1.7

Quels que soient les résultats précédents, on prendra Δt2 = 4,9 s pour la question 1.8

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.8 | **Indiquer** sur le diagramme suivant : Vmax, les temps Δt1, Δt2 et Δt3. **Comparer** le temps de pose d’une meule de fromage avec cette configuration du variateur et pour une course de 3,41 m avec l’exigence du cahier des charges. **Conclure**. |
|  |

Cadre réponse 1.8

V [mm·s-1]

Vmax =

Δt3 =

Δt2 =

Δt1 =

# Partie 2 : modification du profil de vitesse moteur

### Problématique : quelle devra être la vitesse de rotation du moteur permettant un temps de déplacement vertical pour la pose d’une meule conforme au nouveau cahier des charges ?

Pour diminuer le temps de montée malgré l’augmentation du nombre de rayonnages (hauteur de 3,41 m), il est nécessaire de modifier les paramètres du mouvement.

Une simulation permet d’obtenir les trois profils suivant :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | profil initial | param 2 | param 3 |  |
| Vmax | 0,58 | 0,8 | 0,8 | [m·s-1] |
| accélération | 0,58 | 1,6 | 0,8 | [m·s-2] |
| temps accélération | 1 | 0,5 | 1 | [s] |
| décélération | 0,58 | 1,6 | 0,8 | [m·s-2] |
| temps décélération | 1 | 0,5 | 1 | [s] |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.1 | **Justifier** le choix du paramétrage 2. |
|  |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 2.1 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.2 | **Calculer** le périmètre P du cercle primitif de la poulie d’entraînement et en déduire son rayon R. |
| Voir DT12 |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 2.2  P =  R = |

On prendra pour la suite un diamètre primitif de poulie motrice dp de 86,6 mm et i = 11,08, quels que soient les résultats des questions précédentes.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.3 | **Déterminer** la fréquence de rotation ωp de la poulie d’entraînement. |
| Voir DT12 |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 2.3  p = |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.4 | **Déterminer** la fréquence de rotation ωm de l’arbre du moteur. |
| Voir DT12 |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 2.4  m = |

# Partie 3 : détermination des performances du moteur.

### Problématique : quels devront être les couples de démarrage et nominal du moteur pour pouvoir obtenir le profil de vitesse voulu ?

En décomposant le système isolé défini, on obtient la chaîne d’énergie ci-dessous avec :

- **T** : tension de la courroie

- **a** : accélération du chariot porte-meule

- **Jmot** : moment d’inertie du moteur

- **JE/p**: moment d’inertie du chariot porte-meule ramené sur l’axe de la poulie

- **JE/m**: moment d’inertie du chariot porte-meule ramené sur l’axe du moteur

- **’** : accélération angulaire de l’arbre du moteur

- **Crm** : couple résistant au niveau du moteur

- **Crp** : couple résistant au niveau de la poulie

- **i** : coefficient de transmission

- **mt**: masse totale en translation

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.1 | **Nommer** les éléments de la chaîne d’énergie dans le schéma ci-dessous. |
| Voir DT12 |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 3.1 |
| Mouvement de rotation  Mouvement de translation  ω’  Crm  Crp  a  T  Chariot porte-meule  mt  Moteur  Jmot  …………………  ………….  i |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.2 | **Préciser** le sens de déplacement du chariot porte-meule pour une rotation de la poulie motrice dans le sens horaire. |
| Voir DT12 |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 3.2 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.3 | **Préciser** le type de courroie utilisé et **justifier** ce choix. |
| Voir DT12 |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 3.3 |

Détermination de la tension de la courroie pour connaître le couple sur la poulie d’entraînement.

Pour connaître le couple résistant sur l’arbre moteur Crm, il faut déterminer le couple résistant sur l’axe de la poulie Crp qui dépend de la tension dans la courroie T. On cherchera la condition la plus contraignante.

Données :

masse d’une meule de fromage m1 = 40 kg ;

masse du plateau élévateur m2 = 80 kg ;

masse du cadre mobile m3 = 30 kg ;

poids de la meule de fromage ;



poids du plateau ;



poids du cadre mobile.



On isole **l’ensemble mobile E** {cadre mobile + plateau élévateur + meule de fromage}.

Rappel : g = 10 m·s-2

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.4 | **Déterminer** la tension dans la courroie pendant la phase d’accélération pour ranger une meule de fromage sur une planche à 3,41 m de hauteur (accélération verticale a = 1,6 m·s-2).  Support de  Axe de la glissière verticale  Support de  470  500  Support de  Support de  50  50 |
| Voir DT12 |

Meule

Cadre mobile

Plateau

*(Rappel PFD* : )



|  |
| --- |
| Cadre réponse 3.4 |

La simulation du fonctionnement du système sur logiciel requiert la valeur du moment d’inertie ramené à l’arbre moteur.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.5 | **Montrer** que le moment d’inertie équivalent de l’ensemble mobile en translation JE/p ramené sur l’axe de la poulie est de l’ordre de 0,3 kg·m2. |
| Voir DT11 et  DT12 |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 3.5 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.6 | **Calculer** le moment d’inertie équivalent de l’ensemble mobile JE/m ramené sur l’axe moteur. |
| Voir DT11 |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 3.6 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.7 | **Déterminer** le moment d’inertie équivalent total sur l’arbre moteur  JT = JE/m + Jmot. |
| Voir DT2 |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 3.7 |

A l’aide des paramètres précédents, il est possible de simuler le fonctionnement du système sur logiciel et on obtient le graphique suivant.

On appelle Cacc le couple moteur pendant la phase de démarrage et Cm le couple moteur à vitesse constante.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.8 | **Relever** sur le graphique ci-dessus les valeurs de Cacc et Cm. |
|  |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 3.8  Cacc = Cm = |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.9 | **Préciser** comment, à partir de ces valeurs, on pourra choisir le couple de démarrage du moteur Cdem et le couple nominal Cn du moteur. |
|  |

|  |
| --- |
| Cadre réponse 3.9 |

### Problématique : est-ce que l’ensemble motoréducteur et variateur actuel permettra d’obtenir le profil de vitesse désirée ?

La motorisation actuelle est un motoréducteur FA37 DRE 90M4 associé à un variateur de fréquence qui garde le rapport U/F constant.

On désire vérifier s’il permet d’atteindre les objectifs fixés et tout particulièrement une vitesse de 2000 tr·min-1 pour un couple résistant de 6,8 Nm.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.10 | **Calculer** la fréquence d’alimentation du moteur pour avoir une vitesse de synchronisme de : 2000 tr·min-1. |
|  |

Cadre réponse 3.10

On donne la caractéristique couple moteur fonction de la fréquence d’alimentation du variateur pour une commande U/f constant.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.11 | **Relever** dans la documentation du moteur le couple nominal du moteur, puis en utilisant la caractéristique couple moteur fonction de la fréquence d’alimentation du variateur, **justifier** la nécessité de changer de moteur. |
| Voir DT2 |

Cadre réponse 3.11

Couple nominal moteur :

# Partie 4 : détermination des nouvelles références du moteur et du variateur

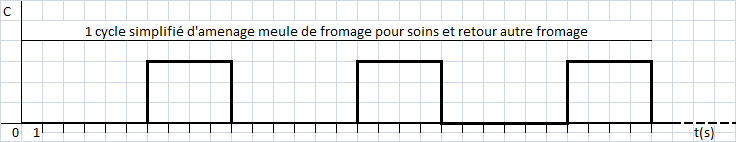
### Problématique : quel ensemble motoréducteur et variateur permettra d’atteindre les performances désirées ?

Les contraintes vis-à-vis du choix du moteur et de son variateur sont :

* pas de ventilation forcée (vitesse de rotation du moteur rapide) ;
* moteur robuste sans maintenance ;
* le moteur devra être le plus compact possible ;
* le moteur devra avoir le meilleur rendement possible ;
* le variateur n’assure pas le positionnement ;
* régulation de vitesse.

Les contraintes pour déterminer la puissance du moteur sont :

* la vitesse maximale nécessaire pendant un cycle de fonctionnement est de 2000 tr·min-1;
* pour éviter les problèmes dus aux surcharges, on utilisera un coefficient de sécurité de 1,5 et on choisira un moteur ayant un couple nominal minimum de 12 Nm à 2000 tr·min-1 ;
* le moteur doit pouvoir monter la charge pour une température dans la cave de 20°C sachant que l’altitude de la cave est de 350 m ;
* le couple moteur pendant un cycle de montée et de descente d’une meule de fromage est simplifié ainsi.



|  |  |
| --- | --- |
| Question 4.1 | En utilisant la documentation, **choisir** et **justifier** le type de moteur et le type de variateur. |
| Voir DT5 |

Cadre réponse 4.1

Type de moteur :

Type de variateur :

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4.2 | **Déterminer** le type de service du moteur. **Justifier** votre réponse. |
| Voir DT6 |

Cadre réponse 4.2

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4.3 | **Calculer** la puissance mécanique nécessaire en sortie du moteur pour entraîner la charge à la vitesse de 2 000 tr·min-1. |
| Voir DT6 |

Cadre réponse 4.3

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4.4 | En utilisant la documentation, **dimensionner** la puissance utile du moteur pour entraîner la charge dans les conditions d’utilisations précédentes. |
| Voir DT6 |

Cadre réponse 4.4

Facteur de marche =

Facteur correction cycle : k1 =

Facteur correction température : k2 ≈

(si l’altitude est inférieure à 1000 m, on utilise la courbe 1000 m)

Calcul puissance nécessaire :

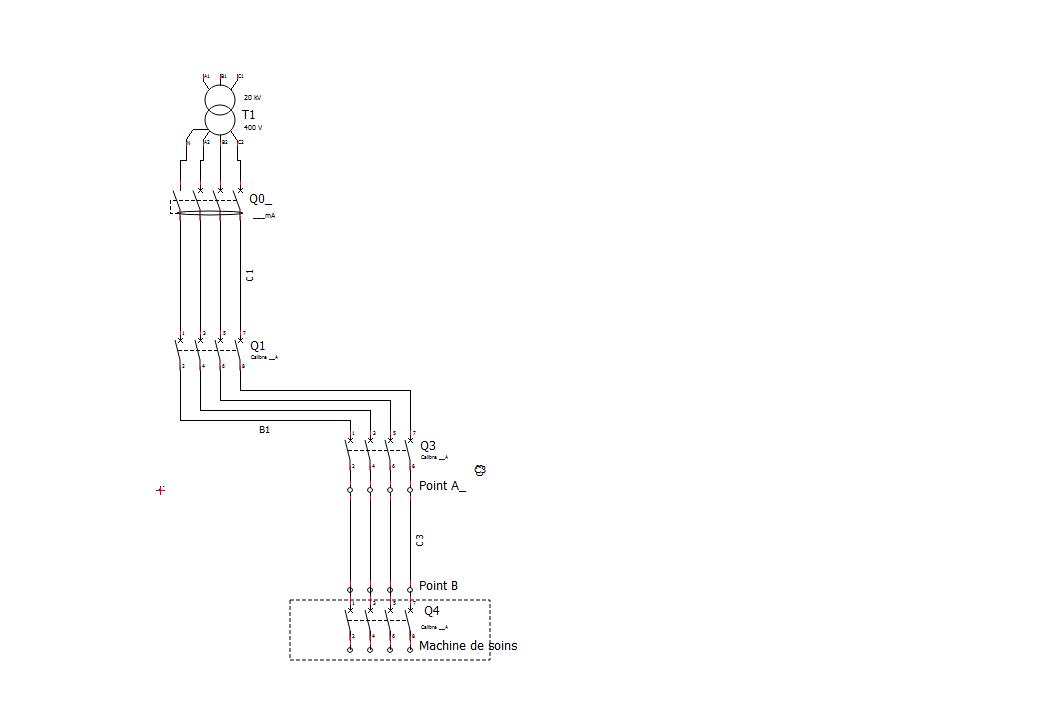
|  |  |
| --- | --- |
| Question 4.5 | Le moteur référence NX630EYWR6000 alimenté en 400 V a été choisi. En utilisant la documentation, **justifier** ce choix. |
| Voir DT7 |

Cadre réponse 4.5

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4.6 | **Donner** la référence du variateur à associer. |
| Voir DT7 |

Cadre réponse 4.6

# Partie 5 : alimentation électrique

****

Problématique : l’alimentation du variateur et de son moteur permet-elle de respecter les normes en vigueur ?

**Vérification de la protection de la machine et de son alimentation.**

Le système est alimenté en triphasé + neutre par un câble C3 entre les points A et B.

Caractéristiques du câble C3 :

- longueur 50 m sur un enrouleur ;

- la section des conducteurs en cuivre

est 1,5 mm².

La chute de tension à l’origine du câble (au point A) est de 1,2 %.

La machine est actuellement protégée par un disjoncteur repère Q4 DPN N référence 21597.

La machine de soins constituée principalement de moteur absorbe un courant en fonctionnement de 15,5 A.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5.1 | En étudiant la documentation du disjoncteur Q4, **préciser** le calibre, le nombre de pôles et le type de courbe du disjoncteur. |
| Voir DT8 |

Cadre réponse 5.1

Calibre :

Nombre de pôles :

Courbe :

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5.2 | Pendant la phase de démarrage du moteur de l’élévateur, le courant absorbé est de 63 A pendant 0,5 s. **Préciser** si le disjoncteur ne se déclenche pas avant la fin du démarrage, en utilisant la courbe de déclenchement du disjoncteur. **Justifier** votre réponse. |
| Voir DT9 |

Cadre réponse 5.2

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5.3 | **Calculer** la chute de tension en service normal dans le câble d’alimentation de la machine C3. **Exprimer** le résultat en %. |
| Voir DT10 |

Cadre réponse 5.3

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5.4 | **Calculer** la chute de tension globale après le câble d’alimentation C3. |
| Voir DT10 |

Cadre réponse 5.4

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5.5 | Sachant que l’entreprise n’est pas propriétaire de son poste de transformation HTA / BT, est-il nécessaire de modifier l’alimentation de la machine ? **Justifier** votre réponse. |
| Voir DT10 |

Cadre réponse 5.5