

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ÉLECTROTECHNIQUE

ÉPREUVE E.4.2.

ÉTUDE D'UN SYSTÈME TECHNIQUE INDUSTRIEL CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION

SESSION 2016

Durée : 4 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé :

Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée conformément à la circulaire N 99-186 du 16/11/99. L'usage de tout autre matériel ou document est interdit.

Documents à rendre avec la copie :

- le candidat répondra sur le dossier réponses et les feuilles de copie ;
- le dossier réponses est à rendre agrafé au bas d'une copie.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte **trois dossiers** :

- le **dossier présentation-questionnement** qui se compose de 14 pages, numérotées de 1/14 à 14/14 ;
- le **dossier réponses** qui se compose de 4 pages, numérotées de 1/4 à 4/4 ;
- le **dossier technique et ressources** qui se compose de 26 pages, numérotées de 1/26 à 26/26.

*Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur ou la correctrice attend des phrases construites respectant la syntaxe de la langue française. **Chaque réponse sera clairement précédée du numéro de la question à laquelle elle se rapporte.***

Les notations du texte seront scrupuleusement respectées.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	SESSION 2016
Épreuve E4.2 : Étude d'un système technique industriel Conception et industrialisation	Code :16PO-EQCIN

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2016

ÉPREUVE E.4.2

TRIEUSE DE PLUMES

PRÉSENTATION-QUESTIONNEMENT

Il est impératif de lire au préalable la présentation générale

Les cinq parties de l'épreuve sont indépendantes.

Présentation générale	2
Enjeu	4
Problématiques E41 et E42	4
Questionnement	5
Partie A. Amélioration de la fiabilité mécanique.....	5
Partie B. Réglage de l'aspiration et optimisation énergétique.....	7
Partie C. Mise en sécurité.....	9
Partie D. Adaptation matérielle du départ turbine d'aspiration	11
Partie E. Choix et dimensionnement du système thermique	13

Présentation générale



« Le couturier de vos nuits depuis 1850 »

Créée en 1850, l'entreprise DROUVAULT intègre le groupe DODO en 2000. Le site du MANS a connu une importante restructuration en 2011 permettant de le doter des dernières innovations technologiques en matière de traitement de la plume et du duvet.

Le secteur d'activité de l'entreprise est principalement dans la création d'objets confectionnés liés aux couchages :

- oreillers ;
- couettes ;
- sur-matelas.

La chaîne de réalisation de ces objets est en grande partie automatisée mais l'intervention humaine est toujours très présente dans la partie finale (confection) pour les produits haut de gamme.

L'entreprise DROUVAULT, sur sa chaîne de traitement des plumes (lavage, séchage, tri) dispose de 3 trieuses de plumes qui permettent d'obtenir des ballots de plumes de catégories différentes en fonction des objets à confectionner.

Un bureau d'étude est mandaté lors de l'année 2011 pour effectuer une rénovation d'ampleur sur une des trieuses.



Figure 1 : vue d'ensemble de la trieuse à rénover avec cases à vide

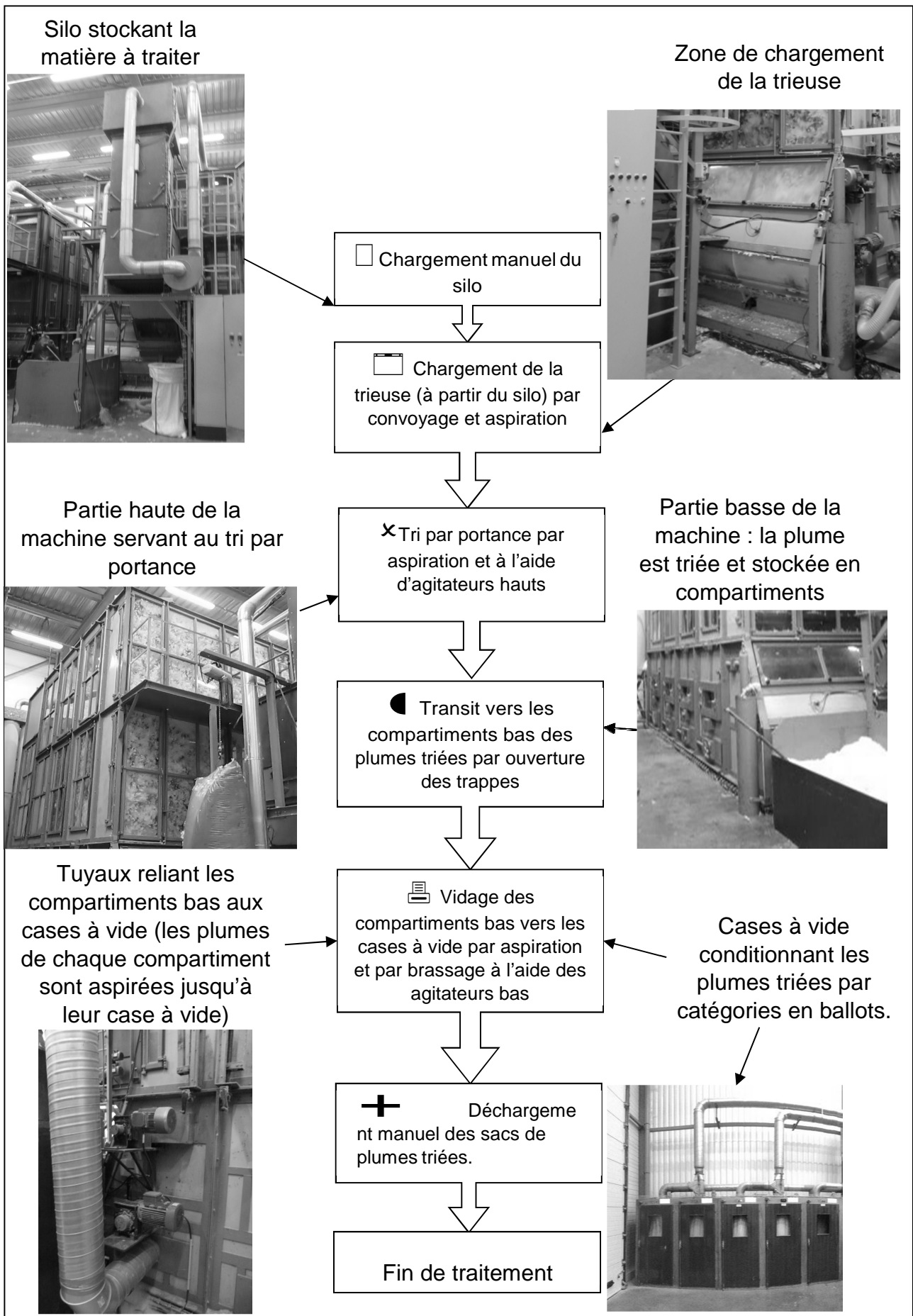


Figure 2 : parties de la machine et cycle de tri

Enjeu

Le principe retenu pour trier les plumes reste performant et ne nécessite pas d'évolution.

La recherche d'une plus grande productivité conduit l'entreprise DROUULT à moderniser ses équipements.

Une des trois trieuses de l'entreprise fait l'objet d'une rénovation complète dans les domaines mécanique, électrique et fluïdique.

Problématiques E41 et E42

Les problématiques abordées dans les épreuves E41 (Pré-étude et modélisation) et E42 (Conception et industrialisation) vont vous conduire à modéliser le fonctionnement de certaines parties avant de proposer des solutions techniques.

Ces problématiques (parties des sujets) sont mises en évidence sur la figure 3 ci-dessous.

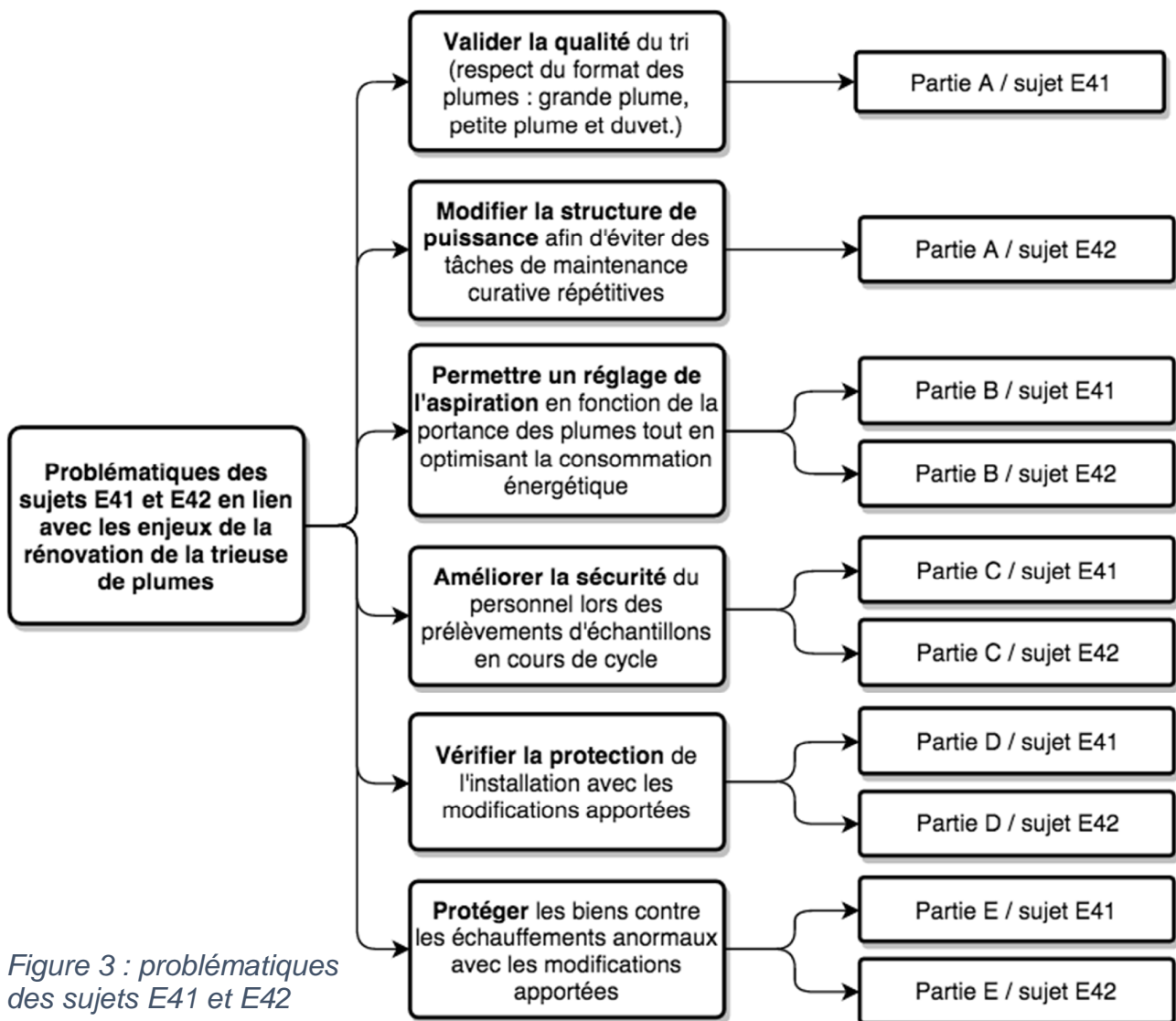


Figure 3 : problématiques des sujets E41 et E42

Questionnement

Partie A. Amélioration de la fiabilité mécanique

Contexte

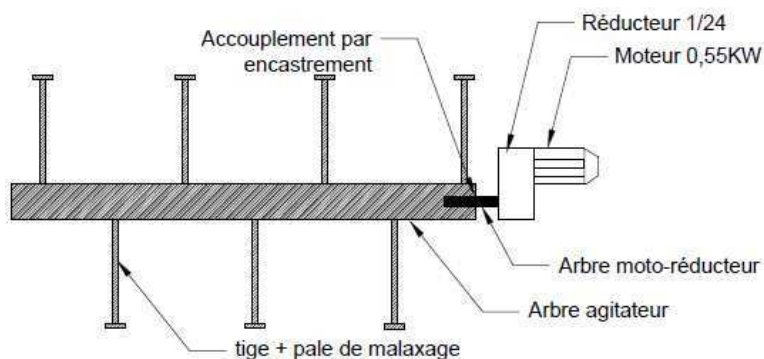
Observer, sur les documents DR1 et DR2, les quatre agitateurs (repérés M91 à M94) situés dans les compartiments bas de la machine. Ces agitateurs brassent les plumes lors de l'aspiration vers les cases à vide où seront stockées les différentes catégories de plumes.

Les agitateurs bas évitent, en particulier, que les plumes ne viennent boucher les orifices d'extraction (repérés par les trappes 12A à 15A).

Chaque agitateur bas est constitué d'un motoréducteur asynchrone triphasé de 0,55 kW et d'un arbre de 4,5 m de long, constitué de tiges et de pales pour permettre le brassage.

Chaque motoréducteur est câblé avant modification selon les schémas indiqués sur le document DR3.

L'accouplement « motoréducteur - arbre agitateur » est réalisé par une liaison encastrement (emboîtement des deux arbres et soudure) comme le montre la figure de principe ci-dessous.



Les agents du service maintenance signalent que l'accouplement casse très souvent : « *Malgré la qualité de la soudure, celle-ci ne résiste pas* » précisent-ils.

L'installation d'un démarreur progressif pour les quatre motoréducteurs permettra la modernisation de l'installation dans l'objectif d'une meilleure productivité.

Trois structures sont représentées sur le document DR4. La structure à retenir doit permettre de répondre aux trois spécifications suivantes :

- en régime normal, seul un des quatre agitateurs qui correspond au compartiment « à vider » est en fonctionnement ;
- lors d'un réglage ou d'une maintenance, tous les agitateurs peuvent être mis en fonctionnement par démarrage direct (pilotage des sorties automates qui commandent les contacteurs) ;
- lors d'un réglage ou d'une maintenance, il est possible de mettre progressivement en rotation un agitateur indépendamment de l'état des autres qu'ils soient en marche ou à l'arrêt.

Informations complémentaires

L'expression « case à vide » est utilisée dans l'entreprise pour désigner l'emplacement qui permet de stocker les plumes. Le transport des plumes se fait grâce à l'air et elles restent « emprisonnées » dans les sacs.

Vous devez repérer qu'il existe deux circuits indépendants de transport des plumes. Le premier (doc. DR2) permet le chargement de plumes sur la partie gauche. La turbine d'aspiration principale, sur la partie droite, assure le tri de plumes. Le second circuit (doc. DR1) crée une dépression par l'actionneur M3 au niveau des cases à vide. L'air aspiré entre par l'orifice 15B (le principe est détaillé sur DR1).

L'aspiration des plumes (doc. DR1) de chaque compartiment bas vers chaque case à vide est à chaque fois assurée par l'actionneur M3.

Un chronogramme, voir document DR5, présente la logique de commande du vidage d'un compartiment.

Les variables d'entrées et de sorties pour la commande des agitateurs, les mnémoniques sont également détaillés dans le document DR5.

Le démarreur progressif, repéré D9 sur le document DR4, est de la gamme SIRIUS : **3RW40**. Un extrait de sa documentation est donné sur le document DT1.

Documents nécessaires pour cette partie :

↗ Dossier ressources : DR1 à DR5

↗ Dossier technique : DT1

- A.1.** Indiquer des causes probables de la rupture de l'accouplement et proposer des solutions techniques pour éliminer ce problème.
- A.2.** Choix d'une structure de puissance pour répondre aux spécifications.
 - A.2.1. Justifier que les solutions 1 et 2 présentées sur le document DR4 ne répondent pas complètement aux spécifications.
 - A.2.2. Expliquer le principe de fonctionnement de la solution 3 en précisant, pour chaque spécification, les appareils (contacteur(s), démarreur...) sollicités.
- A.3.** Compléter les liaisons entre le variateur et l'automate sur le document-réponse DRA3.
- A.4.** Compléter le document-réponse DRA4 en indiquant les réceptivités et les actions manquantes.

Partie B. Réglage de l'aspiration et optimisation énergétique

Contexte

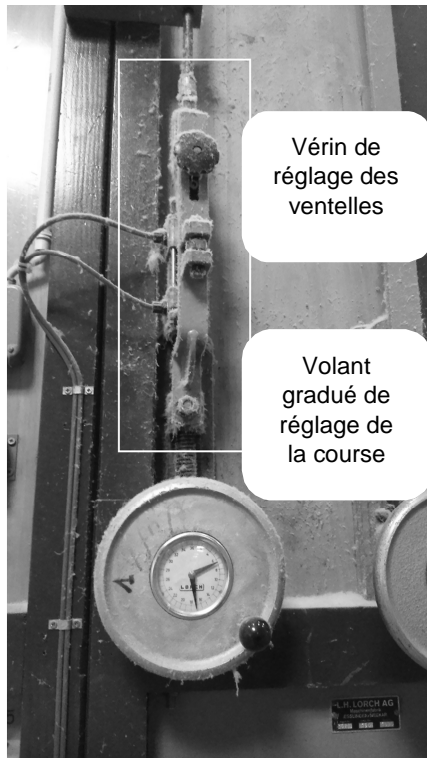


Figure 4 : dispositif de réglage de l'aspiration avant modification

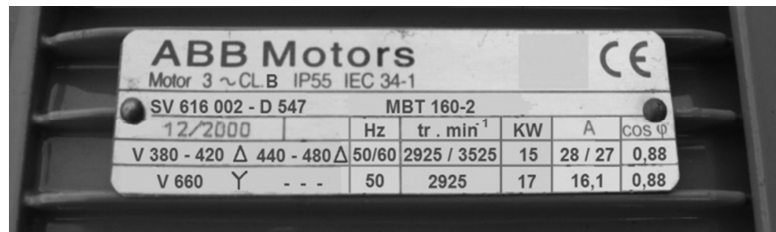


Figure 5 : Plaque signalétique du moteur à conserver

La machine doit être réglée suivant le type de plumes à trier ou suivant les conditions atmosphériques : en effet, ce réglage sera différent si les plumes sont issues d'oies ou de canards ou encore si le taux d'humidité varie.

Le réglage de l'aspiration est obtenu, avant modification, en agissant sur un registre à ventelles (figure 4). C'est l'opérateur, en fonction des prélèvements et de son expérience, qui effectue ce réglage.

Dans le sujet Pré-étude et Modélisation, vous avez mis en évidence qu'il était préférable d'agir sur la vitesse de la turbine pour avoir plusieurs débits au niveau de l'aspiration.

Ainsi la modification de la vitesse de la turbine d'aspiration principale se fera désormais par l'intermédiaire d'un variateur de vitesse (doc. DR6). Il remplacera, en particulier, le démarreur étoile triangle (doc. DR3). On améliore ainsi l'efficacité énergétique du process et donc la productivité.

La turbine d'aspiration est associée à un moteur 380/660 V de puissance utile 15 kW et de marque ABB qui sera conservé pour raison économique. Sa plaque signalétique est donnée sur la figure 5.

Informations complémentaires

Le schéma de puissance de la turbine d'aspiration, *avant modification*, est donné sur le document DR3.

Le schéma de puissance de la turbine d'aspiration, *après modification*, est donné sur le document DR6.

L'amélioration de l'efficacité énergétique apportée par l'installation du variateur de vitesse peut être évaluée à partir du document DR7. Les caractéristiques du variateur de vitesse de la gamme ATV312 sont indiquées sur les documents DT2 et DT3.

L'opérateur pourra effectuer les nouveaux réglages à partir d'une interface homme/machine tactile. Cette interface commandera le variateur via un automate programmable industriel (API). La plage de fréquence de la consigne pour piloter le moteur devra s'étendre de 0 à 50 Hz.

Documents nécessaires pour cette partie :

↗ Dossier ressources : DR3 à DR6

↗ Dossier technique : DT2 à DT3

B.1. Modification de l'installation de puissance

B.1.1. Choisir, en vous justifiant, la référence du variateur de vitesse.

B.1.2. Proposer, en vous justifiant, le couplage permettant le raccordement des enroulements du moteur.

B.2. Paramétrage du variateur ATV312 en fonction des caractéristiques et des besoins de l'utilisateur

B.2.1. Donner, en vous justifiant, les valeurs des paramètres Fr1, tCC, r1 et r2.

B.2.2. Donner, en vous justifiant, les paramètres ItH, LSP et HSP.

B.3. Bilan économique suite à l'installation du variateur

B.3.1. Estimer le gain énergétique annuel.

B.3.2. Calculer la durée d'amortissement de cette partie du projet de rénovation de la trieuse.

Partie C. Mise en sécurité

Contexte

L'opérateur effectue régulièrement des prélèvements d'échantillons dans les compartiments bas (doc. DR2). Il s'assure, par l'observation et par le toucher, de la bonne qualité du tri.

La procédure est simple : l'ouverture manuelle de la porte d'un compartiment entraîne la coupure de l'alimentation de l'agitateur. L'opérateur attend que la tige de l'agitateur soit complètement arrêtée avant de prélever un échantillon. Vous avez étudié, dans le sujet « Pré-étude et Modélisation » que le temps d'arrêt de l'agitateur pouvait aller jusqu'à 3 secondes.

La procédure, avant modification, est indiquée sur le document DR8. Le risque, dans ce contexte professionnel, n'est pas acceptable. Il convient alors d'estimer ce risque avant de définir les exigences du système de commande à mettre en place.

Le bureau d'étude a proposé, voir document DR9, une modification de l'équipement pour répondre à la demande de mise en sécurité de la machine. Il a retenu le système de commande indiqué sur le document DT4.

Il sera demandé d'évaluer le choix et de valider la mise en œuvre du système de commande retenu.

Une nouvelle fiche d'intervention sera proposée à l'opérateur.

Informations complémentaires

L'étude ne porte que sur l'agitateur du compartiment « duvet ». La structure de commande est en effet la même pour tous les agitateurs.

Le contacteur repéré KM94 est désormais repéré KM94S pour éviter la confusion entre le document DR3 (avant modification) et le document DR9. KM94S est inséré entre Q94 et M94.

Le document DT5 est donné, à titre d'information, pour aider à la compréhension du document DR9.

L'estimation du risque conduit à définir les exigences imposées au système de commande à mettre en place, comme le précise le document DT9.

La nouvelle fiche d'intervention destinée à l'opérateur devra indiquer la procédure qu'il aura à suivre. Elle précisera tous les éléments qui lui permettront d'intervenir en sécurité.

Documents nécessaires pour cette partie :

↗ *Dossier ressources : DR2 à DR9*

↗ *Dossier technique : DT4 à DT9*

C.1. Réduire le risque encouru par l'opérateur

C.1.1. Préciser, en justifiant brièvement, la catégorie à laquelle appartient le système de commande à mettre en place.

C.1.2. Vérifier, en justifiant brièvement, si le système de commande permet de rendre le risque négligeable.

C.2. Compléter le chronogramme indiqué sur le document-réponse DRC2.

C.3. Vérifier, en vous justifiant, si le risque reste négligeable en cas de soudure (dysfonctionnement) du contact repéré 03-04 du relais auxiliaire KA94.

C.4. Rédiger sur le document-réponse DRC4, à l'attention de l'opérateur, une procédure de prélèvement au niveau des compartiments bas.

Partie D. Adaptation matérielle du départ turbine d'aspiration

Contexte

La modification de la vitesse de la turbine d'aspiration principale pour triage (doc. DR1) se fait désormais grâce à un variateur de vitesse (voir partie B). Il remplace le démarreur étoile triangle (doc. DR3) du moteur M1.

L'introduction du variateur n'est pas sans conséquence. Une étude menée durant l'épreuve « Pré-étude et Modélisation » montre que :

- la qualité de l'énergie en amont du variateur va influencer le choix des dispositifs de protection ;
- la forme des signaux MLI en sortie du variateur peut causer des surtensions au niveau du moteur.

Les caractéristiques principales du variateur sont :

- un courant nominal en sortie du variateur de 33 A ;
- un courant à ne pas dépasser en amont du variateur de 48 A (sous une tension de 400V) ;
- un courant de réglage de la protection thermique assurée par le variateur de 28 A.

Le contacteur KM1 (doc. DR3) a été choisi pour un moteur de 15 kW sous 400V en catégorie d'emploi AC3. Le choix s'était porté sur la référence **LC1D32**. Le bureau d'étude envisage de conserver ce contacteur dans la nouvelle installation.

Les règles de cheminement du câble ne sont pas respectées : le bureau d'étude conseille de modifier le mode de pose du câble qui doit relier le variateur et le moteur M1.

Le client, pour des raisons budgétaires, veut conserver le câble qui existe entre l'armoire de distribution et le moteur. La référence de ce câble est **H07 RNF 4G10** (voir document DR10 pour le choix initial).

Les nouvelles spécifications de pose sont :

- la pose est réalisée sur chemin de câble de type treillis soudé ;
- le câble est posé jointivement avec les 9 câbles des moteurs des agitateurs ;
- ces 10 câbles sont posés en deux couches.

Informations complémentaires

Le schéma proposé (doc. DR6), à la suite de l'insertion du variateur, indique les références du disjoncteur Q1 et du contacteur KM1 à retenir.

Le contacteur KM1 et les filtres LR seront étudiés à l'aide du document DT6.

Le cheminement du câble entre l'armoire qui contient le variateur et le moteur M1 est modifié. Cela nécessite de vérifier que ce nouveau mode de pose (doc. DT7) n'entraîne pas le changement du câble existant.

L'intensité à prendre en compte pour dimensionner un câble situé en sortie d'un variateur de vitesse est égale au courant nominal en sortie du variateur.

Lorsque les longueurs des canalisations sont importantes, les constructeurs de variateurs préconisent l'emploi de filtres LR en sortie d'un variateur. Ces filtres LR permettent de limiter les variations de tension appliquées sur les enroulements d'un moteur.

L'étude du câble existant s'appuiera sur le rapport de calcul du départ aspiration avant rénovation (doc. DR10).

On rappelle que le courant « cuivre » I_z doit être supérieur au courant fictif :

$$I_z \geq \frac{I_b}{K_{\text{température}} * K_{BG1} * K_{BG2}}$$

Documents nécessaires pour cette partie :

↗ Dossier ressources : DR1 à DR10

↗ Dossier technique : DT6 à DT7

D.1. Protection et commande de l'installation

D.1.1. Justifier le type de déclencheur et le calibre du disjoncteur Q1 préconisé.

D.1.2. Vérifier, en vous justifiant, si le contacteur KM1 pourra être conservé dans la nouvelle installation.

D.2. Choisir un filtre LR compatible avec le variateur de vitesse.

D.3. Vérifier si le câble existant peut être conservé.

Partie E. Choix et dimensionnement du système thermique

Contexte

L'installation de nouveaux équipements va modifier la température à l'intérieur de l'armoire de distribution.

Un bilan thermique est demandé au bureau d'études pour s'assurer que la température dans l'armoire ne dépassera pas une température critique pour l'appareillage. La température intérieure de l'armoire ne devra pas dépasser la température critique de 40°C afin de garantir le bon fonctionnement de l'automate.

Dans le sujet de « Pré-étude et Modélisation », vous avez calculé que la température, à l'intérieur de l'armoire ne dépassera pas 44° C si la puissance à dissiper Pd est de 710 W.

Éléments du bilan thermique :

$T_{i\text{ MAX}}$	$T_{i\text{ MIN}}$	$T_{s\text{ MIN}}$	$T_{s\text{ MAX}}$	$T_{e\text{ MIN}}$	$T_{e\text{ MAX}}$	K	S
°C	°C	°C	°C	°C	°C	W/m ² /°C	m ²
44	29	24	40	15	30	5,5	9,26

Remarque : la valeur de K est donnée pour une enveloppe en tôle peinte.

Nous choisirons un ventilateur dont les caractéristiques sont données sur le document DT8. Il devra être alimenté, de préférence, sous la tension utilisée pour le circuit de commande.

Il est nécessaire d'éviter, autant que possible, que les fibres de plume ne viennent se déposer sur l'appareillage présent dans l'armoire ce qui ne permet pas d'installer un système de convection naturelle.

Informations complémentaires

Un « système thermique » permet de refroidir ou de réchauffer une armoire (une enveloppe). Les définitions des grandeurs ci-dessus sont données en DR11.

La température à l'intérieur de l'armoire ne peut être calculée avec précision et l'étude menée dans le sujet de « Pré-étude et Modélisation » ne permet d'en avoir qu'une approximation. Il conviendra de mettre en place des moyens de mesure pour s'assurer a posteriori que l'appareillage peut fonctionner dans des conditions acceptables.

Le protocole d'une expérience est défini par un ensemble de règles à suivre.

Documents nécessaires pour cette partie :

↗ Dossier ressources : DR11

E.1. Choix du système thermique.

- E.1.1. Rédiger un message électronique (mél) à votre chef de projet pour lui indiquer le système thermique à choisir. Votre message comprendra un paragraphe précisant les solutions à privilégier ou à écarter selon des arguments techniques et économiques et un paragraphe dans lequel vous préciserez la solution proposée.
- E.1.2. Rédiger un message électronique (mél) au client pour lui préciser le(s) moyen(s) de mesure et le protocole à suivre pour s'assurer que les équipements fonctionneront dans des conditions acceptables à la suite de l'installation du système thermique.

E.2. Le choix du système thermique conduit à l'installation d'une ventilation forcée.

- E.2.1. Estimer le débit du ventilateur en s'assurant que la température maximale à l'intérieur de l'armoire garantisse le bon fonctionnement des équipements.
- E.2.2. Choisir le ventilateur et le filtre à lui associer.
- E.2.3. Préciser l'opération de maintenance préventive à envisager.