

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2017

Épreuve E.4.2

Groupe scolaire « les Vallières »

Correction

Table des matières

PARTIE A : CHOIX DU MATÉRIEL	2
PARTIE B : ÉTUDE ÉCONOMIQUE DU PROJET	4
PARTIE C : RÉALISATION DES SCHÉMAS	6
PARTIE D : PARAMÉTRAGE DES VARIATEURS	9
DOCUMENTS	
RÉPONSES.....	10

PARTIE A : Choix du matériel

A.1 Donner la référence à commander pour les sondes de pression. Justifier votre choix, sur la base de critères techniques et économiques.

D'une part, les spécifications techniques imposées amènent à choisir pour la sonde, une référence répondant aux exigences suivantes :

- **La tension d'alimentation est 24V AC**
- **La plage de mesure doit contenir la valeur de pression à mesurer, 70Pa.**
- **La sonde doit délivrer une tension 0-10V.**
- **L'indice de protection minimum est IP54.**

D'autre part, afin d'obtenir une meilleure précision de mesure, nous avons intérêt à choisir une sonde présentant une plage de mesure la plus proche de 70Pa.

Enfin, nous choisissons la référence qui présente le prix le moins élevé (une sonde avec afficheur n'est pas nécessaire).

La référence à commander pour les sondes de pression est QBM3020-1. Celle-ci répond aux critères techniques et économiques énoncés ci-dessus.

A.2 Justifier la référence retenue pour les variateurs qui piloteront les ventilateurs de soufflage et de reprise. Préciser la fréquence de découpage retenue.

Le premier tableau du document DRES2 (Références de commande) nous amène à constater que le variateur retenu présente une puissance nominale de 5,5kW. Cette puissance semble suffisante pour piloter le moteur de puissance 4kW (voir DTEC1).

Le variateur est posé en extérieur, il doit être protégé des poussières et de la pluie. Un indice de protection IP54 est au minimum nécessaire.

La contrainte relative aux nuisances sonores impose de s'intéresser à la fréquence de découpage. Le moteur absorbe un courant de 8,1A au nominal. Le variateur doit être capable de délivrer ce courant pour une fréquence de découpage paramétrée au minimum à 8kHz.

On ne peut choisir la fréquence de 10kHz car le courant que peut délivrer le variateur n'est que de 7,92A.

Nous choisissons le variateur équipé d'un filtre CEM de classe B, pour réseau tertiaire, car il est destiné au fonctionnement d'un bâtiment. La référence à commander pour les variateurs est 6L3200-6AM21-3BH0. La fréquence de découpage sera de 8kHz.

A.3 Donner en la justifiant, pour le démarreur-contrôleur :

Attention : il s'agit d'alimenter les 2 variateurs.

- **La référence de l'unité de contrôle à commander ;**

Préciser que les variateurs peuvent commander $2 \times 9,24 \text{ A} = 18,5 \text{ A}$ ce qui donne LUCL32B.

Le candidat peut également considérer que les moteurs peuvent absorber $2 \times 8,1 \text{ A} = 16,2 \text{ A}$ ce qui donne alors LUCL18B

Le candidat a fait une erreur en ne considérant qu'un seul moteur qui absorbe 8,1A ce qui donne LUCL12B

L'unité de contrôle assure la mise sous tension des deux variateurs de puissances 5,5kW et protège le départ contre les courts-circuits uniquement. La référence de l'unité de contrôle à commander est LUCL32.

L'alimentation des circuits de commande doit s'effectuer en 24V~. La référence complète, à commander pour l'unité de contrôle est LUCL32B.

- La référence de la base TesysU à commander ;

Une base à 2 sens de rotation est inutile car il s'agit simplement d'assurer la mise sous tension du départ. Une base LUB12 ou LUB32 peut convenir.

La base LUB12 ne peut pas convenir car elle ne supporte que 12A, et chaque moteur est susceptible d'absorber 8,1A (16,2A au total). Une base LUB32 qui peut supporter jusqu'à 32A est nécessaire.

- La référence du module de contacts additifs à commander.

Seuls les modules de contacts de signalisation possèdent des contacts indiquant d'une part un défaut, et d'autre part l'état du bouton rotatif de commande manuelle. En effet, les modules de contacts auxiliaires ne possèdent que des contacts indiquant l'état des pôles de puissance du contrôleur-démarrreur.

Le module de signalisation LUA 1C20 convient car il possède des contacts à fermeture (2NO). Par contre, la référence LUA 1C11 ne convient pas car elle présente un contact à fermeture (NO) et un contact à ouverture (NC).

La référence à commander pour le module de contacts additifs est LUA 1C20.

A.4 Donner une référence pour le câble de raccordement des moteurs aux variateurs. Justifier votre choix, sur la base de critères techniques et économiques.

Le câble doit être blindé pour respecter la catégorie C1 de la CEM.

Le courant nominal du moteur est égal à 8,1A. La section du câble doit être choisie afin que $I_Z > I_N/K = 8,1/1 = 8,1A$. Quel que soit le mode de pose et l'isolant choisi, une section de $1,5mm^2$ est suffisante.

La tension de service du câble est de 400V.

Nous devons donc choisir un câble blindé contenant 4 conducteurs de section $1,5 mm^2$ au moins : 3 conducteurs de phases et un conducteur de protection.

Nous retenons la référence LIYCYJ04G0015 : Câble LIYCY-J 1000 V 4G1,5 MM².

Remarque 1 : les câbles de références LIYCYJ04G0025, LIYCYJ04G0040, LIYCYJ05G0025, LIYCYJ05G004 conviennent techniquement mais leurs prix sont plus élevés. En effet, ils contiennent un conducteur de plus (le neutre) et/ou leurs sections sont plus élevées.

Remarque 2 : Le câble de référence LIYCYOB04X015 ne peut pas convenir car il présente une tension de service trop faible 350V pour alimenter le moteur en 400V.

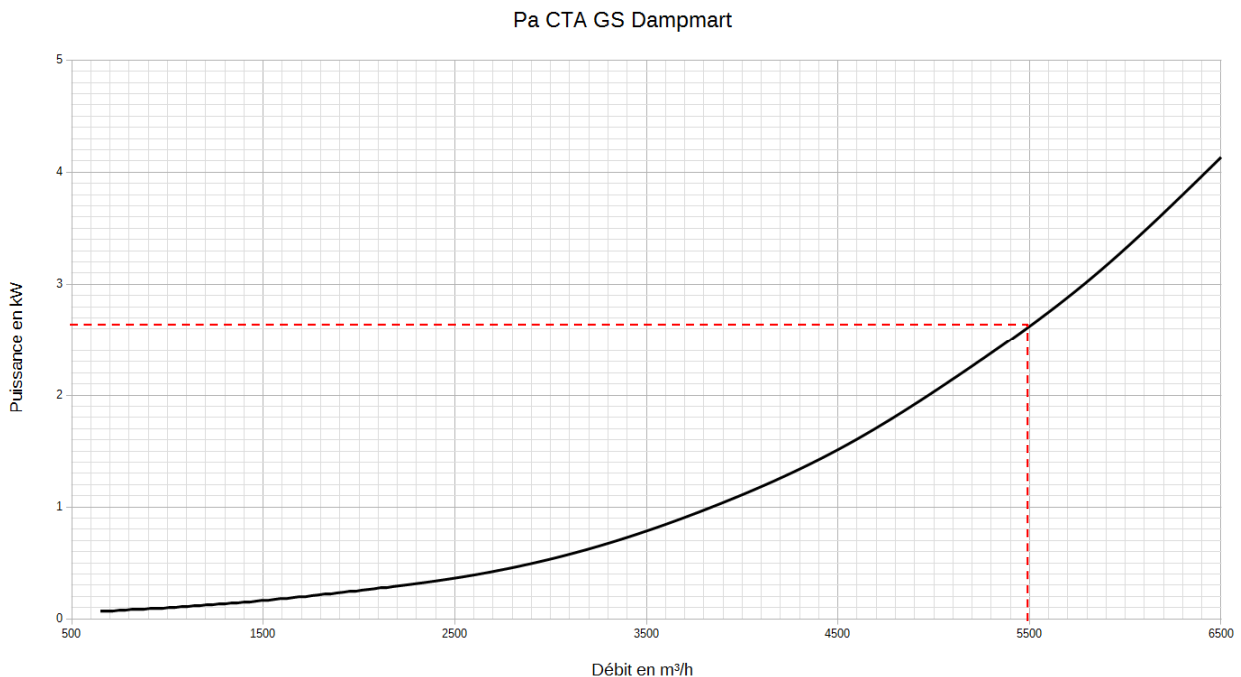
PARTIE B : Étude économique du projet

B1. **Déterminer** pour un débit de ventilation optimisé, les puissances électriques mises en jeu par les ventilateurs. **En déduire** les énergies consommées annuellement en heures pleines d'hiver et en heures pleines d'été pour ventiler l'école.

D'après le document technique DTEC1, pour un débit de 5 500 m³/h chaque ventilateur absorbe une puissance électrique de 2 600W.

D'après le document technique DTEC1, l'école est ventilée pendant 1440 heures en hiver et pendant 1 080 heures en été. On en déduit les énergies consommées pour chaque période horaire :

- Énergie consommée annuellement pendant les heures d'hiver = $2 \times 2\,600 \times 1\,440 = 7\,488\,000 \text{ Wh} = 7\,488 \text{ kWh}$.
- Énergie consommée annuellement pendant les heures d'été = $2 \times 2\,600 \times 1\,080 = 5\,616\,000 \text{ Wh} = 5\,616 \text{ kWh}$



B2. **Calculer** pour un débit de ventilation optimisé, l'énergie gaz consommée annuellement pour chauffer l'école.

On se met dans les mêmes conditions que la ventilation initiale, ainsi seul le débit est modifié. L'énergie E est proportionnelle au débit (voir information complémentaire).

D'après le document technique DTEC1, la consommation d'énergie de la batterie chaude est estimée par la formule suivante :

$$E = [0,34 \times t \times (1 - \eta) \times (T_{\text{soufflage}} - T_{\text{ext}}) / \eta_c] \times Q = A \times Q$$

$$\begin{cases} E_{\text{initial}} = A \times Q_{\text{initial}} \\ E_{\text{opti}} = A \times Q_{\text{opti}} \end{cases}$$

$$\frac{E_{\text{opti}}}{E_{\text{initial}}} = \frac{Q_{\text{opti}}}{Q_{\text{initial}}}$$

La consommation initiale $E_{initial}$ est égale à 28 829kWh (DTEC1) et le débit initial $Q_{initial}$ est de 6 500 m³/h. Les hypothèses sont les mêmes ce qui conduit à une relation de proportionnalité (voir information complémentaire page 8/12 dans le dossier présentation et questionnement).

Le débit Q_{opti} pour la ventilation optimisée est de 5 500 m³/h.

On obtient $E_{opti} = \frac{Q_{opti}}{Q_{initial}} \times E_{initial} = 24\,394\text{ kWh}$

B3. **Calculer** en euros, l'économie réalisée annuellement une fois le système de ventilation modifié (c'est-à-dire pour un fonctionnement au débit de ventilation optimisé). **En déduire** le temps de retour sur investissement du projet.

D'après le document technique DTEC1, les tarifs sont les suivants :

- 12 centimes € HT le kWh (électrique) pour les heures pleines d'hiver
- 7,04 centimes € HT le kWh (électrique) pour les heures pleines d'été
- 4,7 centimes € HT le kWh pour le gaz.

Le coût hors taxe est égal à, Coût HT = 7 488 x 12/100 + 5 616 x 7,04/100 + 24 394 x 4,7/100 = 898,56 + 395,37 + 1146,52 = 2440,45€ HT. On applique une TVA de 20 %, le coût est égal à 2440,45 x 1,2 = 2928,54€.

D'après le document technique DTEC1, le coût annuel de l'installation existante (non optimisée) est 4 074,46€. L'économie annuelle s'élève à 4 074,46 – 2 928,54 = 1 145,92€.

Le temps de retour sur investissement est de 5 000/1 145,92 = 4,36 ans.

B4. **Rédiger** une synthèse des résultats obtenus précédemment afin que les membres du conseil municipal puissent se prononcer sur la validité économique du projet.

On m'a demandé de mener une étude sur l'efficacité énergétique du groupe scolaire de Dampmart. Certaines salles restent inoccupées et l'on envisage une optimisation du système de ventilation. La modification du système aurait un coût pour la collectivité mais la solution retenue entraînerait une économie d'énergie. Je viens vous présenter les résultats de l'étude.

	Installation existante		Installation optimisée		Économies	
	kWh/An	€TTC/An	kWh/An	€TTC/An	kWh/An	€TTC/An
Électrique Hiver	11 808	1 700,35	7 488	1 078,27	4 320	622,08
Électrique Été	8 856	748,15	5 616	474,44	3240	273,71
Gaz (hiver)	28 829	1 625,95	24 394	1 375,82	4 435	250,13
				TOTAL	11 995	1 145,92

La solution consiste à réduire le débit d'air dans les gaines ce qui permet de faire des économies non seulement sur l'énergie électrique consommée par les systèmes de ventilation mais aussi sur le gaz consommé par une batterie chaude qui chauffe l'air dans les salles

L'économie annuelle réalisée avec l'installation modifiée est de 11 995 kWh et 1145,92€. L'investissement, d'environ 5 000€ serait rentabilisé au bout de moins de 5 ans. Les matériels qui seront installés sont fiables, d'une durée de vie d'au moins 12 ans.

PARTIE C : Réalisation des schémas

Travail préparatoire

Les questions suivantes, de C3 à C4, concernent l'installation existante, donc avant modification.

C1. **Donner** en le justifiant, le repère de la sortie du régulateur pilotant la marche et l'arrêt du moteur de soufflage.

D'après le schéma du folio ½ de l'installation existante (DTEC2), la marche et l'arrêt du moteur de soufflage sont pilotés via les pôles de puissance du contacteur KM1. La bobine de KM1 est mise sous tension par la sortie de commutation Q2 du régulateur via le relais KA2 (à condition que le registre d'air neuf soit ouvert).

En conclusion c'est la sortie Q2 du régulateur qui pilote la marche et l'arrêt du moteur de soufflage.

C2. **Donner** les repères des sorties analogiques du régulateur non utilisées en précisant les caractéristiques en tension de ces sorties.

D'après le document technique DTEC4, les sorties analogiques sont repérés Y.. Nous constatons sur le schéma du folio 2/2 (DTEC2), que les sorties analogiques non utilisées sont les sorties Y3 et Y4.

Le document technique DTEC4, nous indique également, qu'il s'agit de sorties de positionnement 0-10V.

C3. **Donner** en le justifiant, le repère de l'entrée du régulateur utilisée pour la détection des défauts moteurs.

D'après le schéma du folio 2/2 de l'installation existante (DTEC2), l'entrée utilisée pour la détection des défauts moteurs est l'entrée X3. En effet, les contacts des relais thermiques F1 et F2 qui protègent les moteurs y sont raccordés. Ces contacts se ferment lorsque des surcharges moteurs sont détectés par les relais thermiques.

Réalisation des schémas

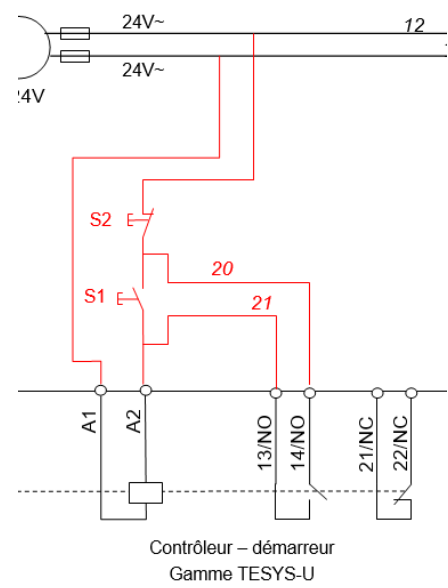
Les questions suivantes, de C4 à C7, concernent la modification de l'installation existante.

C4. **Compléter** sur le document réponse, le schéma du folio 1/3 pour satisfaire aux attendus concernant la mise sous tension et la mise hors-tension des variateurs.

On impose la mise sous tension des variateurs par un appui sur un premier bouton poussoir et leur mise hors tension par un appui sur un deuxième bouton poussoir.

Le démarreur-contrôleur remplit la fonction de mise sous et hors tension des variateurs. Il s'agit de piloter sa bobine, qui commande les pôles de puissance, à l'aide d'un montage de type Marche/Arrêt par bouton poussoir avec auto-maintien.

Le document ressource DRES3 relatif au démarreur-contrôleur, nous propose un schéma de câblage type « commande marche/arrêt 1 sens de marche », celui attendu.



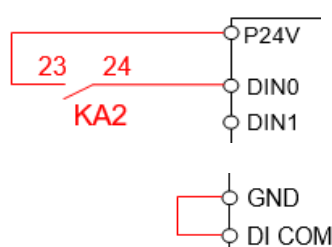
C5. **Compléter** sur le document réponse, le schéma du folio 2/3 pour satisfaire aux attendus concernant la mise en marche et l'arrêt des ventilateurs.

On impose le pilotage de la marche et de l'arrêt des ventilateurs par le régulateur. Les commandes des ventilateurs doivent être séparées, un ventilateur peut être en marche et l'autre à l'arrêt.

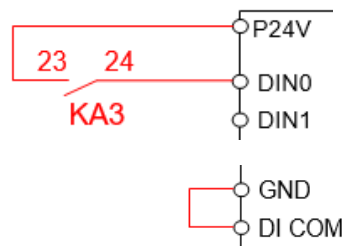
Le travail préparatoire nous a permis d'établir que la sortie Q2 du régulateur permettait de piloter la marche et l'arrêt du ventilateur de soufflage via le relais KA2. Nous pouvons également constater que la sortie Q3 du régulateur permet de piloter la marche et l'arrêt du ventilateur de reprise via un relais KA3.

Les contraintes techniques imposées dans le contexte cette partie C nous imposent de suivre l'exemple d'application du document ressource DRES2 pour le câblage des entrées du variateur. Donc, les entrées DIN0 des variateurs piloteront la marche et l'arrêt des ventilateurs.

variateur de soufflage



variateur de reprise

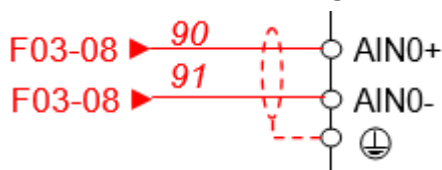


C6. **Compléter** sur le document réponse, les schémas des folios 2/3 et 3/3 pour satisfaire aux attendus concernant la transmission des consignes de vitesses du régulateur aux variateurs.

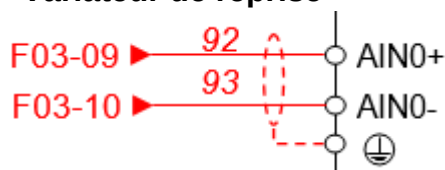
On impose que les consignes de vitesses soient transmises aux variateurs par le régulateur via des sorties analogiques non encore utilisées. Le travail préparatoire a permis d'établir que les sorties Y3 et Y4 étaient disponibles.

On impose de suivre l'exemple d'application du document ressource DRES2 pour le câblage des entrées du variateur. Donc, l'entrée AIN0 des variateurs sera utilisée pour la consigne de vitesse.

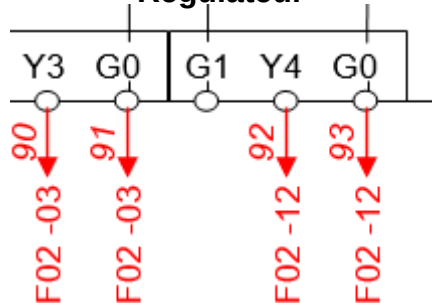
Variateur de soufflage



Variateur de reprise



Régulateur



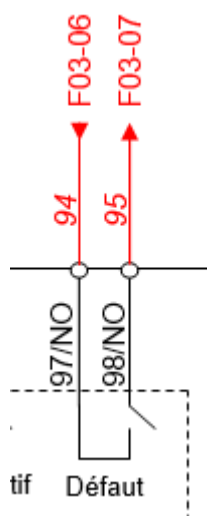
C7. **Compléter** sur le document réponse, les schémas des folios 1/3, 2/3 et 3/3 pour satisfaire aux attendus concernant la transmission au régulateur, des défauts variateurs et contrôleur-démarreur.

On impose que l'ensemble des défauts concernant le démarreur-contrôleur et les variateurs soit rapporté sur l'entrée qui remplit actuellement cette fonction.

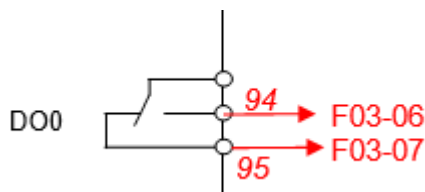
Le travail préparatoire a permis d'établir que l'entrée dédiée aux défauts était l'entrée X3.

On impose de suivre l'exemple d'application du document ressource DRES2 pour le câblage des entrées du variateur. Donc, la sortie DO0 de chaque variateur sera utilisée pour signaler un défaut.

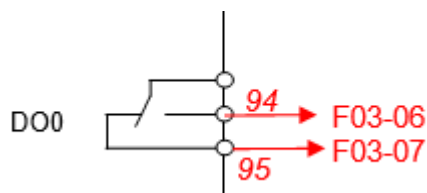
Démarrreur contrôleur



Variateur de soufflage



Variateur de reprise



Régulateur



PARTIE D : Paramétrage des variateurs

D1. Donner l'instruction de paramétrage pour piloter la marche et l'arrêt de chaque ventilateur.

Les contraintes techniques imposées dans le contexte cette partie C nous imposent de suivre l'exemple d'application du document ressource DRES2 pour le câblage des entrées du variateur. Donc, les entrées DIN0 des variateurs piloteront la marche et l'arrêt des ventilateurs.

D'après la section b (connecteur binaire BI des entrées digitales) et son exemple, l'instruction de paramétrage est

set p0840 = 722.0

D2. Donner l'instruction de paramétrage pour signaler un défaut.

Les contraintes techniques imposées dans le contexte cette partie C nous imposent de suivre l'exemple d'application du document ressource DRES2 pour le câblage des entrées du variateur. Donc, la sortie DO0 de chaque variateur sera utilisée pour signaler un défaut.

D'après la section c (connecteur binaire BO des sorties digitales) et son exemple, l'instruction de paramétrage est

set p0730 = 52.3

D3. Donner le paramétrage pour piloter la vitesse à partir de la consigne délivrée par le régulateur.

Les contraintes techniques imposées dans le contexte nous imposent de suivre l'exemple d'application du document ressource DRES2 pour le câblage des entrées du variateur. Donc, l'entrée AIN0 des variateurs sera utilisée pour la consigne de vitesse.

Le régulateur délivre une consigne de vitesse en 0-10V (DTEC4 page 10/13).

Le paramétrage pour piloter la vitesse est le suivant pour chaque variateur :

p0756[0]=0 ;

DOCUMENTS RÉPONSES

DREP1 - Présentation du projet de modification du système de ventilation

Expliquer au conseil municipal en quoi consiste le projet. Préciser les avantages et les inconvénients.

On m'a demandé de mener une étude sur l'efficacité énergétique du groupe scolaire de Dampmart. Certaines salles restent inoccupées et l'on envisage une optimisation du système de ventilation. La modification du système aurait un coût pour la collectivité mais la solution retenue entraînerait une économie d'énergie. Je viens vous présenter les résultats de l'étude

Présenter les résultats de l'étude (compléter le tableau avec les résultats des questions).

	Installation existante		Installation optimisée		Économies	
	kWh/An	€ TTC/An	kWh/An	€TTC/An	kWh/An	€TTC/An
Électrique Hiver	11 808	1 700,35	7 488	1 078,27	4 320	622,08
Electrique été	8 856	748,15	5 616	474,44	3240	273,71
Gaz (hiver)	28 829	1 625,95	24 394	1 375,82	4 435	250,13
				TOTAL	11 995	1 145,92

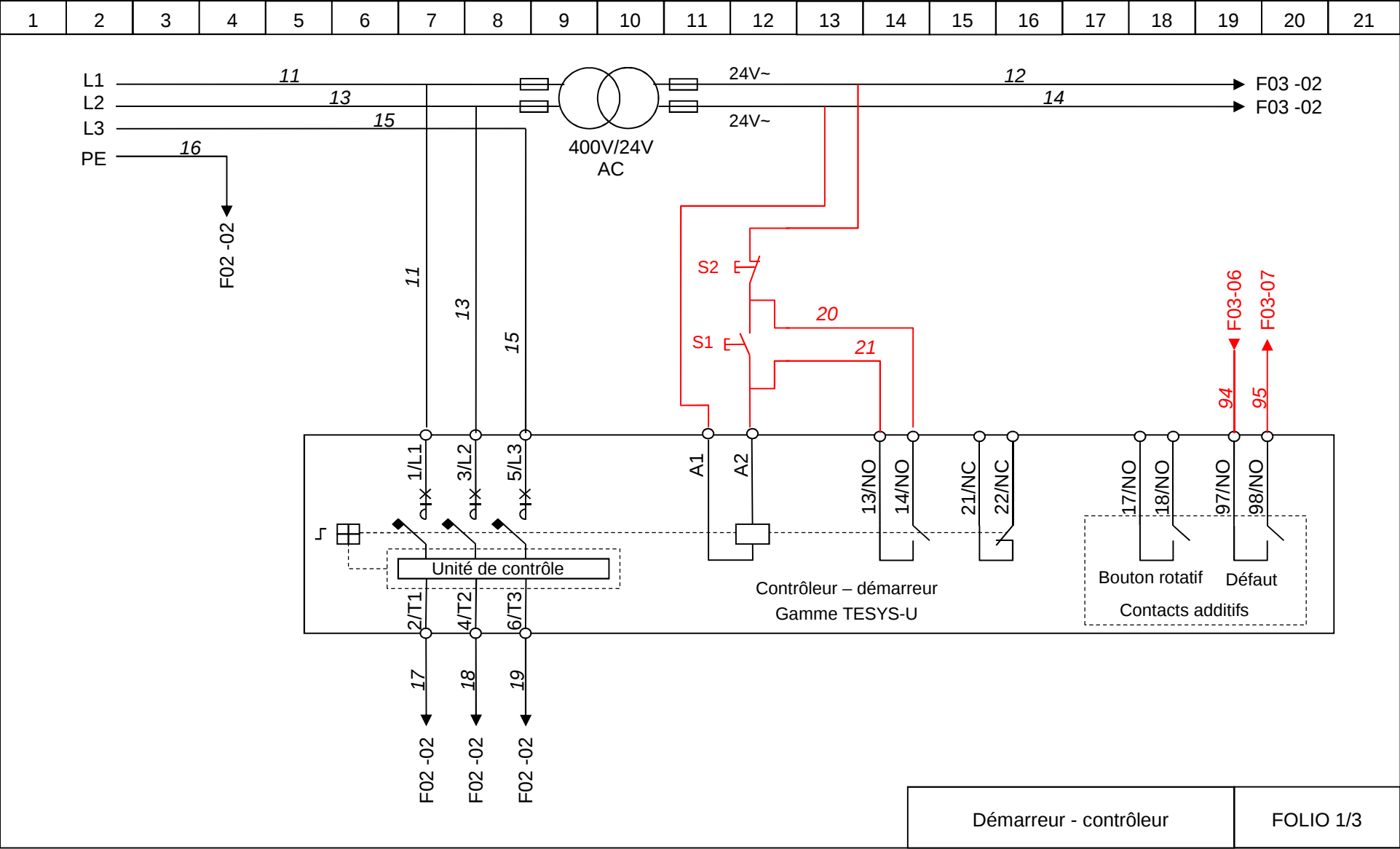
Décrire la solution prévue (tenir compte d'un auditoire pas composé de spécialiste).

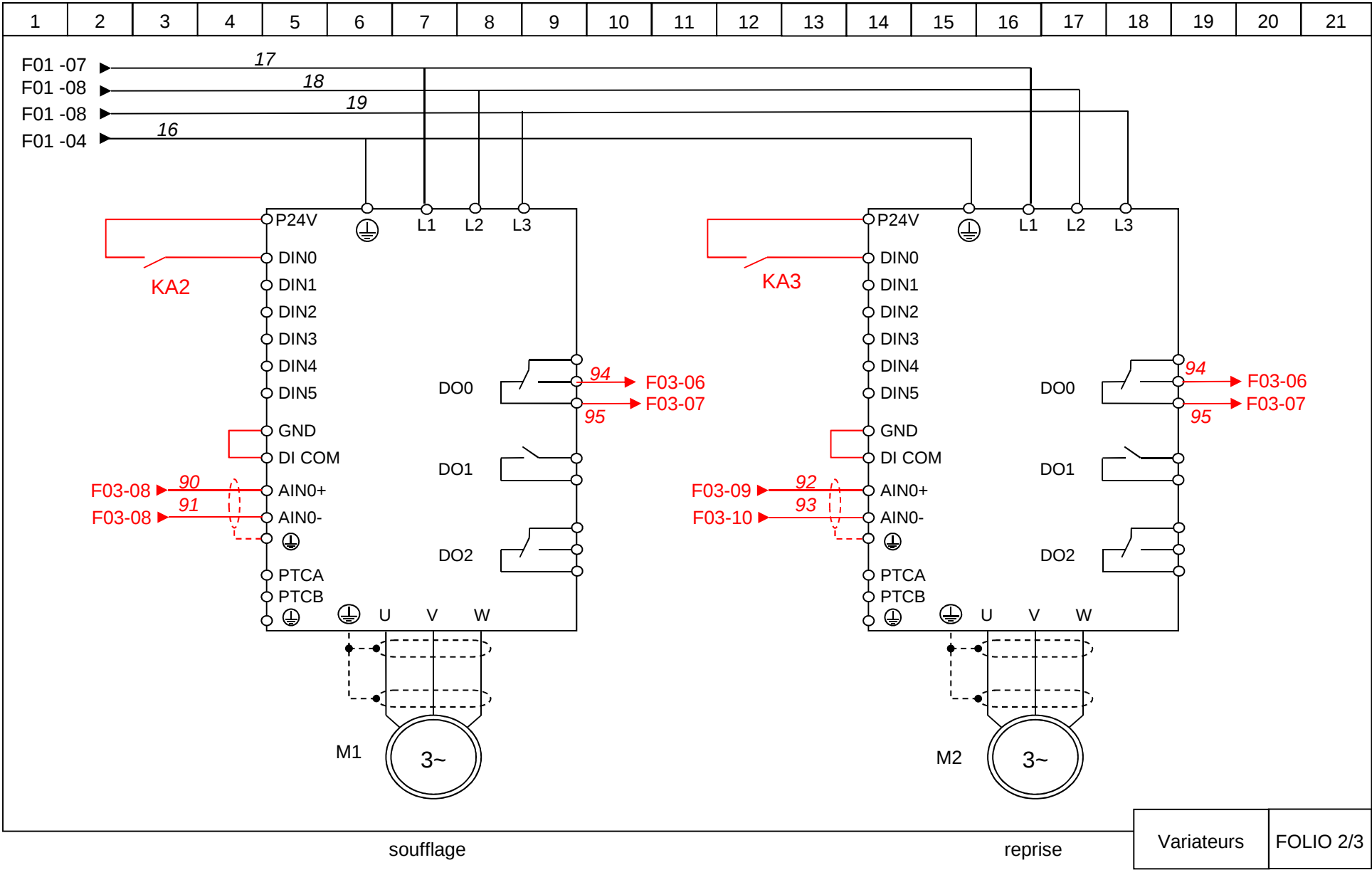
La solution consiste à réduire le débit d'air dans les gaines ce qui permet de faire des économies non seulement sur l'énergie électrique consommée par les systèmes de ventilation mais aussi sur le gaz consommé par une batterie chaude qui chauffe l'air dans les salles

Commenter les résultats obtenus, l'investissement prévu et la durée de vie des équipements.

L'économie annuelle réalisée avec l'installation modifiée est de 11 995 kWh et 1 145,92 €. L'investissement, d'environ 5 000€ serait rentabilisé au bout de moins de 5 ans. Les matériels qui seront installés sont fiables, d'une durée de vie d'au moins 12 ans.

DREP2 – FOLIO 1/3 DÉMARREUR - CONTRÔLEUR





DREP4 – FOLIO 3/3 RÉGULATEUR

