CORRIGÉ

Baccalauréat Professionnel
Électrotechnique Énergie Équipements Communicants

ÉPREUVE E2 : Étude d'un ouvrage

SESSION 2018

Rénovation du tunnel de la Croix Rousse

Cette épreuve comporte :

Le sujet « tronc commun », composé par tous les candidats
Le sujet « Approfondissement du champ d'application Habitat Tertiaire »
Le sujet « Approfondissement du champ d'application Industriel »

Le candidat doit remplir le tableau ci-dessous correspondant au sujet « approfondissement » qu'il a choisi.

À remplir par le candidat
Je choisis l'approfondissement du champ d'application : …… *Compléter par la mention : habitat-tertiaire ou industriel*

ATTENTION : Dans tous les cas, ne sera corrigé et noté que le seul sujet approfondissement du champ d'application choisi par le candidat.

L'utilisation de la calculatrice est autorisée.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

BARÈME DE CORRECTION

	Temps conseillé
Partie A : Poste de distribution électrique HT	**60 min**
Partie B : Distribution électrique BT	**60 min**
Partie C : Optimisation des coûts	**50 min**
Partie D : Gestion technique de l'éclairage du tunnel nord	**40 min**
TRONC COMMUN	**3 h 30**

APPROFONDISSEMENT DANS LE CHAMP D'APPLICATION HABITAT-TERTIAIRE :

Partie E : Systèmes de détection incendie	**1 h 30 min**
APPROFONDISSEMENT : HABITAT-TERTIAIRE	

APPROFONDISSEMENT DANS LE CHAMP D'APPLICATION INDUSTRIEL :

Partie F : Ventilation du tunnel nord	**1 h 30 min**
APPROFONDISSEMENT : INDUSTRIEL	

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Sujet : tronc commun

Dans le cadre de la rénovation lourde du tunnel de la Croix-Rousse, la partie tronc commun comporte les parties suivantes :

- **Partie A** : Poste de distribution HT.
- **Partie B** : Distribution électrique BT.
- **Partie C** : Optimisation des coûts.
- **Partie D** : Gestion technique de l'éclairage du tunnel nord.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

PARTIE A : POSTE DE DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE HT

(DTR pages : 2, 3, 9 et 10)

Mise en situation : La création du tube nord nécessite l'installation d'un nouveau transformateur. L'analyse portera sur :

- le choix des éléments de protection de ce transformateur,
- la mise en service de l'installation.

A.1 Identifier pour le poste LT1, le type d'alimentation HT.

Boucle ou coupure d'artère

A.2 Relever le repère du transformateur alimentant le TGBT nord.

TR1

A.3 Identifier la cellule assurant la protection du transformateur.

Repère de la cellule de protection	**FSX-1**

A.4 Relever les grandeurs caractéristiques du transformateur.

Tension primaire	**20 kV**
Tension secondaire	**410 V**
Puissance apparente	**400 kVA**

A.5 Relever l'intensité de court-circuit.

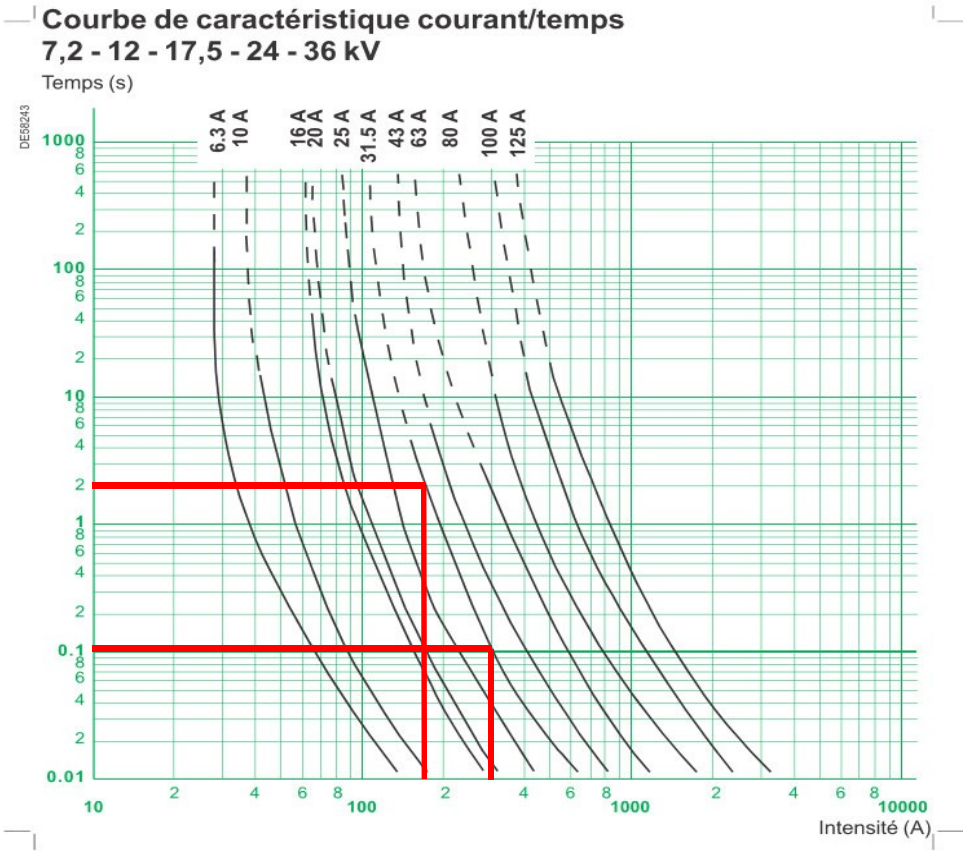
Icc	**9,26 kA**

A.6 Déterminer le calibre et la référence du fusible « SOLEFUSE » avec percuteur préconisé pour protéger le primaire du transformateur.

Calibre : **31,5 A**	Référence : **757328EH**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

A.7 Déterminer à l'aide des caractéristiques ci-dessous, le courant de fusion à 0,1s et 2s.



Temps	Valeur du courant de fusion :
0,1s	**300 A**
2s	**180 A**

A.8 Calculer le courant nominal au primaire du transformateur.

Formule	Application numérique	Résultat
$I = S/(U\sqrt{3})$	**$I = 400.10^3/(20.10^3\sqrt{3})$**	**11,6 A**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

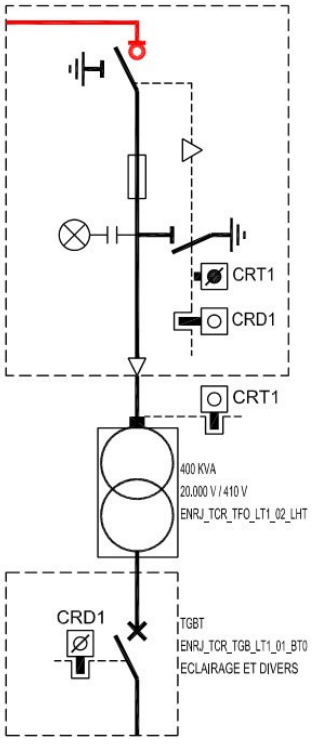
Pour la suite, nous admettrons pour le transformateur un courant de court-circuit de 9,4 kA et un courant nominal au primaire de 12 A.

A.9 **Vérifier** que la protection par fusible est bien assurée malgré les trois contraintes imposées par le transformateur.

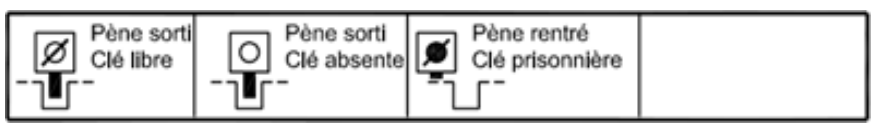
	Formule	Application numérique	Correct	
			Oui	Non
Contrainte 1 :	I_f (0,1s) > 12 x $I_{n\ transfo}$	300 A > 144 A	x	
Contrainte 2 :	$I_{cc} > I_f$(2s)	9400 A > 180 A	x	
Contrainte 3 :	$I_{n\ fusible} > 1,4\ I_{n\ transfo}$	31,5 A > 16,8 A	x	
Le fusible convient-il ?			x	

A.10 Le fusible ayant été mis en place, **classer** dans l'ordre les différentes étapes de mise en service de l'installation.

ENRJ_TCR_CPT_LT1_01_LHT



Étape	Procédure
5	Vérifier sur les diviseurs capacitifs la présence de tension en aval de l'interrupteur.
4	Fermer l'interrupteur et récupérer la clé CRD1.
3	La clé CRD1 est libérée.
2	Ouvrir le sectionneur de terre.
1	Mettre en place les fusibles et fermer le panneau d'accès.
6	Avec la clé CRD1, fermer le disjoncteur BT



Signification de la position des pènes.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

PARTIE B : DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE BT

(DTR pages : 3, 4, 5, 6 et 11 à 14)

Mise en situation : La création du tube nord a impliqué la mise en place d'un nouveau local technique.
L'analyse portera sur :

- la planification des travaux,
- la justification de la solution technique concernant la section du câble d'alimentation,
- le réglage du disjoncteur de protection.

B.1. Planification des travaux

B.1.1 Identifier sur le plan architectural du local technique LT1, le repère du chemin de câble et du câble reliant l'armoire batteries à l'onduleur.

Repère du chemin de câbles	**C2**
Repère du câble	**ASI-LT1-CER-LT1-3-0031**

B.1.2 Indiquer le nombre de jours nécessaires pour la pose du chemin de câble et le tirage du câble reliant l'armoire batteries à l'onduleur.

Nombre de jours	**5 jours**

B.1.3 Préciser les dates d'interventions.

Pose du chemin de câbles	**Du 9 juillet au 11 juillet**
Tirage du câble	**Du 20 au 21 juillet**

B.2 Choix du câble d'alimentation

La solution technique retenue pour l'alimentation du TGBT Nord (repéré A1 sur le schéma unifilaire du poste LT1) est la pose de deux câbles en parallèle.

B.2.1 Calculer pour une tension secondaire de 400V**,** la valeur du courant nominal I_{2n} au secondaire du transformateur TR1.

Formule	Application numérique	Résultat
$I_{2N} = S / (U\sqrt{3})$	**$I = 400.10^3 / (400\sqrt{3})$**	**577,35 A**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

B.2.2 Déterminer les coefficients caractérisant les conditions d'installation.

Lettre de sélection	K_1	K_2	K_3	K_n	K
F	**1**	**0,88**	**1**	**0,84**	**0,74**

B.2.3 Calculer l'intensité fictive I'z par phase. On prendra Iz = 630 A

Formule	Application numérique	Résultat
I'z = Iz / K	**630 / 0,7392**	**852,3 A**

B.2.4 Calculer l'intensité fictive I'z par conducteur.

Application numérique	Résultat
I'z / 2 = 852,3 / 2	**426,1 A**

B.2.5 Vérifier la section du câble. Est-elle conforme à celle du câble installé ?
Justifier votre réponse.

Section des câbles	Justification
240 mm²	**Oui, elle est conforme aux indications portées sur la page 4 du document ressource soit 2 x 240 mm²**

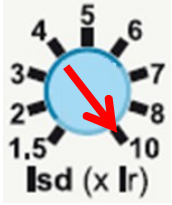
B.3 Réglages du disjoncteur de protection

B.3.1 Relever les caractéristiques du disjoncteur compact, protégeant le secondaire du transformateur TR1.

Repère du disjoncteur	Référence	Calibre	Nombre de pôles	Pdc
21Q1	**NSX630F**	**630 A**	**3**	**36 kA**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

B.3.2 Relever les valeurs de réglages des seuils de déclenchement des protections contre les surcharges et les court-circuits du déclencheur Micrologic 5.3 A associé au disjoncteur 21Q1.

	Protection long retard (Ir)	Protection court-retard (Isd)
Type de déclencheur	Magnétique ☐ Thermique ☒	Magnétique ☒ Thermique ☐
Valeur de réglage (A)	**578**	**5202**
Indiquer par une flèche la position du commutateur		
Indiquer la valeur à afficher sur l'écran	**578**	**5202**

B.3.3 Déterminer le type de schéma de liaison à la terre (SLT) utilisé dans le poste de distribution HTA/BT en aval du transformateur TR1. **Justifier** votre réponse.

Type de schéma de liaison à la terre	**TNC**
Justification	**Présence d'un PEN sur le schéma TGBT-NORD**

B.3.4 Calculer la longueur maximale du câble d'alimentation du TGBT nord.
Remarque : $S_{ph} = S_{pe} = 2x240\ mm^2$

Formule	Application numérique
$L_{max} = \frac{0,8 \times V \times S_{ph}}{\rho \times (1+m) \times I_{magn}}$	$\frac{0,8 \times 230 \times (2 \times 240)}{36.10^{-3} \times (1+1) \times 5202} = 236\ m$

B.3.5 Vérifier dans le cas de ce schéma de liaison à la terre (SLT), si le réglage du disjoncteur est compatible avec la protection des personnes. **Justifier** votre réponse.

Réglage compatible	Justification
☒Oui ☐Non	**236 m > 19 m (longueur du câble)**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

PARTIE C : OPTIMISATION DES COÛTS

(DTR pages : 3 et 15 à 18)

Mise en situation : Afin de mesurer les grandeurs électriques correspondantes à l'énergie consommée au niveau du TGBT nord, on utilise une centrale de mesure **DIRIS A41.**
Dans un souci de réduction des coûts de production, une batterie de condensateurs sera insérée dans l'installation.
L'analyse portera sur :

- le choix et le raccordement de la centrale de mesure,
- le choix de la batterie de compensation.

C.1 Centrale de mesure

On vous demande de **déterminer** la référence de cette centrale ainsi que ses accessoires et de **compléter** son schéma de raccordement.

C.1.1 Choisir la centrale de mesure, sachant qu'elle est alimentée en 400 V AC.

Type	Référence
DIRIS A41	**48250202**

C.1.2 Relever les caractéristiques des transformateurs de courant associés à la centrale et **préciser** leur référence.

Remarque : La plage du courant primaire doit être au plus près de la valeur à mesurer.

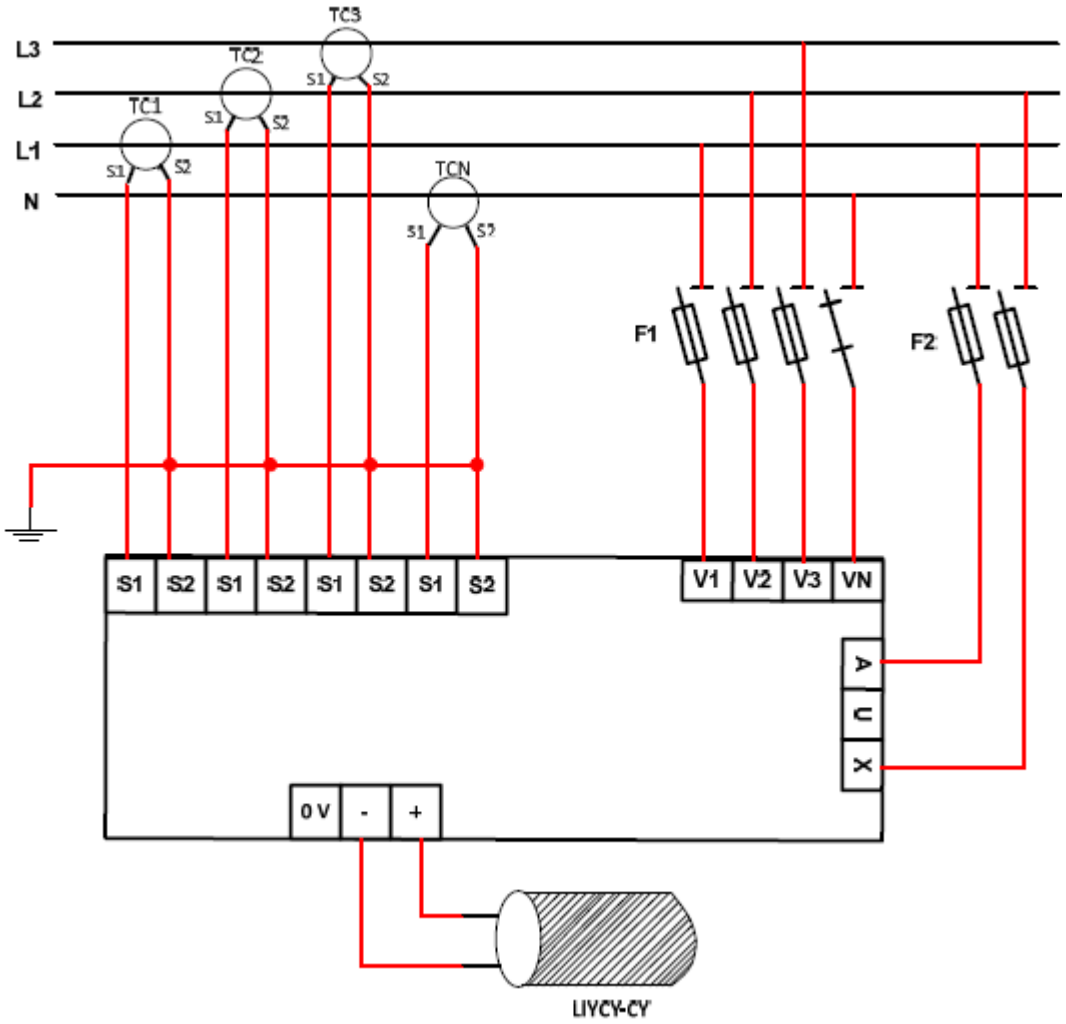
Courant primaire	Courant secondaire	Référence du transformateur
578 A	**5 A**	**TCB 2830**

C.1.3 Choisir le module associé à la centrale de mesure permettant l'utilisation du protocole de communication MODBUS.

Type	**Référence**
RS485 MODBUS	**48250092**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

C.1.4 Compléter le schéma de raccordement de la centrale.



- Les TC permettent de mesurer le courant dans le jeu de barres.
- Raccorder l'alimentation de la centrale de mesure qui est protégée par le sectionneur F1.
- Raccorder l'alimentation du circuit auxiliaire qui est protégé par F2.
- Raccorder le câble de communication LIYCY-CY.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

C.2 Choix de la batterie de compensation

Les relevés de la centrale DIRIS en aval du transformateur TR1 du TGBT nord ont donné les valeurs suivantes :

Puissance active : P = 134, 66 kW ; facteur de puissance cosφ = 0,90.

Afin d'éviter une surfacturation du fournisseur au niveau de ce jeu de barres, on vous demande de choisir la batterie de condensateurs qu'il faudrait installer pour permettre d'obtenir un facteur de puissance égal à 0,95.

C.2.1 Calculer la puissance réactive Qc de la batterie de condensateurs nécessaire à cette compensation.

Formule	Application numérique	Résultat
$Q_c = P \times K$	**$134{,}6.10^3 \times 0{,}155$**	**20,9 kVAR**

C.2.2 Déterminer le type de compensation retenue.

Formule	Application numérique	Résultat	Type de compensation
Q_c / S_n	**$20{,}9 / 400.10^3$**	**5%**	**Fixe**

C.2.3 Choisir la batterie de condensateurs à installer.

Qn	Un	In	Nombre de gradins	Code
25 kVars	**400 V**	**36 A**	**1**	**8731 402250700**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

PARTIE D : GESTION TECHNIQUE DE L'ÉCLAIRAGE DU TUNNEL NORD

(DTR pages : 7 et 19)

Mise en situation : L'installation d'éclairage du tunnel permet de faire varier selon les besoins la luminosité des voies piétons/cycles et bus.
En journée, les éclairages piétons sont commandés à une valeur de luminosité de 20 %.
Cette valeur est paramétrable au niveau de l'automate de marque Wago via un bus DALI.
Cet allumage doit se faire tout le long du tunnel par l'intermédiaire de :

- plusieurs poutres d'éclairage (Ballasts + luminaires),
- d'automates programmables de marque WAGO associés à des bornes DALI,
- d'un bus « DALI piétons/cycles » et d'un bus « «DALI Bus ».

L'analyse portera sur :

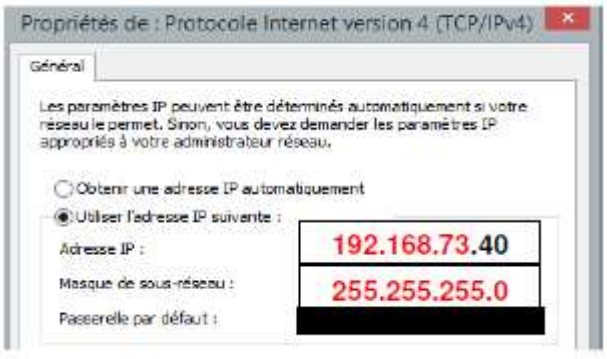
- la configuration du réseau de terrain permettant cette gestion d'éclairage.

D.1 Identifier le type de cordon à utiliser pour raccorder l'automate maître de marque Wago au switch 1.

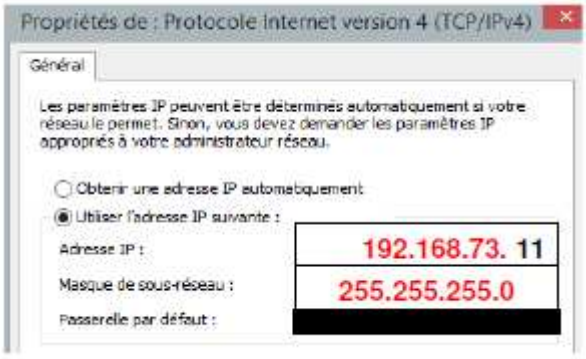
Type de cordon	**Cordon RJ45**

D.2 Compléter les écrans de protocole de communication (adresses IP) des deux automates de marque Wago (automate maître et automate esclave) ainsi que le masque de sous-réseau.

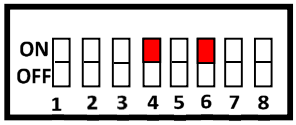
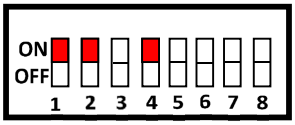
Adresse IP : automate maître WAGO



Adresse IP : automate esclave WAGO



D.3 Configurer avec les adresses IP des deux automates de marque WAGO maître et esclave en noircissant la position ON des micro-interrupteurs concernés :

Position des micro-interrupteurs automate maître	Position des micro-interrupteurs automate esclave
	

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Sujet : Approfondissement du champ d'application habitat-tertiaire

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

PARTIE E : SYSTÈME DE DÉTECTION INCENDIE DU TUNNEL NORD

(DTR pages : 8 et 20 à 23)

Mise en situation : La rénovation du tunnel existant et la création du tunnel mode doux ont permis de mettre en place un système de détection incendie répondant aux dernières normes de sécurité. L'analyse portera sur :

- le choix des éléments principaux du système.
- la réalisation du schéma de branchement.

La détection incendie tout au long du tunnel est réalisée par l'intermédiaire d'un câble de mesure thermique.

E.1 Recenser les caractéristiques techniques nécessaires.

Longueur du câble de détection	**1760 m**
Nombre de zones de détection	**96**
Nombre de capteurs par zone	**3**

E.2 Préciser si le fabriquant est en mesure de fournir ce câble en une seule longueur.

	Justification
☒ Oui ☐ Non	**Oui, il est capable de fournir une longueur max de 2000m**

E.3 En déduire la distance maximale entre deux capteurs.

Distance entre deux capteurs (arrondie à l'unité)	**1760 / (96 x 3) = 6 mètres**

E.4 Déterminer la référence du câble utilisé.

Référence du câble	**SEC 20/06**

Pour relier le câble capteur au câble de connexion du ListController, on utilise une boîte de connexion incluant le module de raccordement (CCM).

E.5 Indiquer la référence de cette boîte.

Référence de la boite	Justification
CBO 20/1 *ou éventuellement CBO 10/1*	**Utilisation dans un tunnel avec 1 câble de mesure**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

E.6 Indiquer l'affectation des bornes composant le module CCM.

	Repères des bornes
Liaisons avec le câble de détection	**KL1 KL2 KL3 KL4 KL9**
Liaisons avec le LIST controller	**KL5 KL6 KL7 KL8**

E.7 Indiquer le code SAP du câble reliant la boîte de connexion au ListController**,** sachant que l'on souhaite avoir une paire supplémentaire en réserve.

Code SAP	Justification
10009234	**Câble pour sécurité incendie avec 3 paires**

E.8 Déterminer le type de fixations permettant l'installation du câble de mesure sur la voûte du tunnel.

Diamètre du câble	**18 mm**
Type de fixation	**Type 17 (clictop 8 – 17)**

E.9 Indiquer l'avantage de monter en redondance les deux contrôleurs LISTEC.

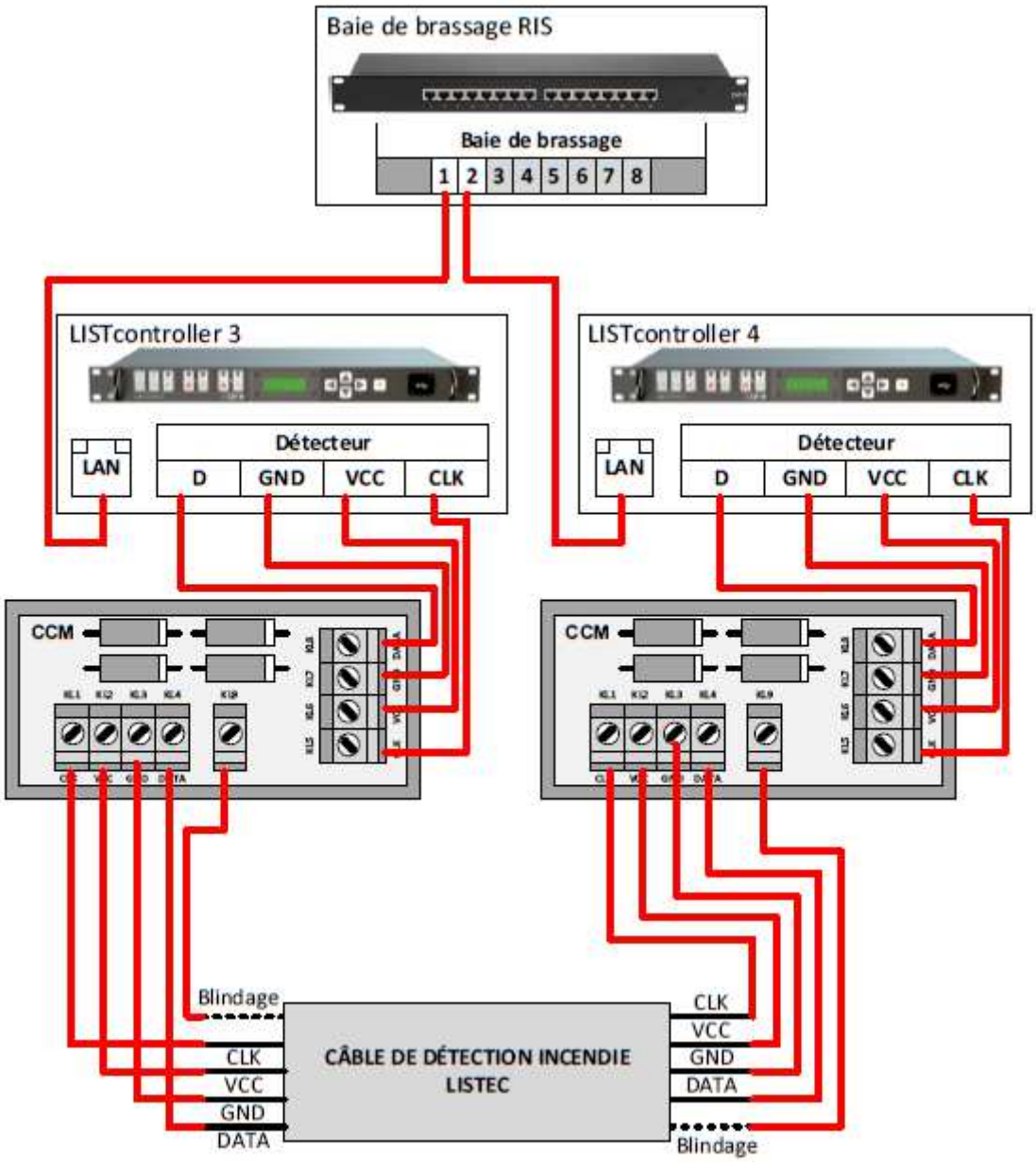
Augmentation de la sécurité

E.10 Choisir le type de contrôleur permettant un branchement redondant.

LISTCON/2

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

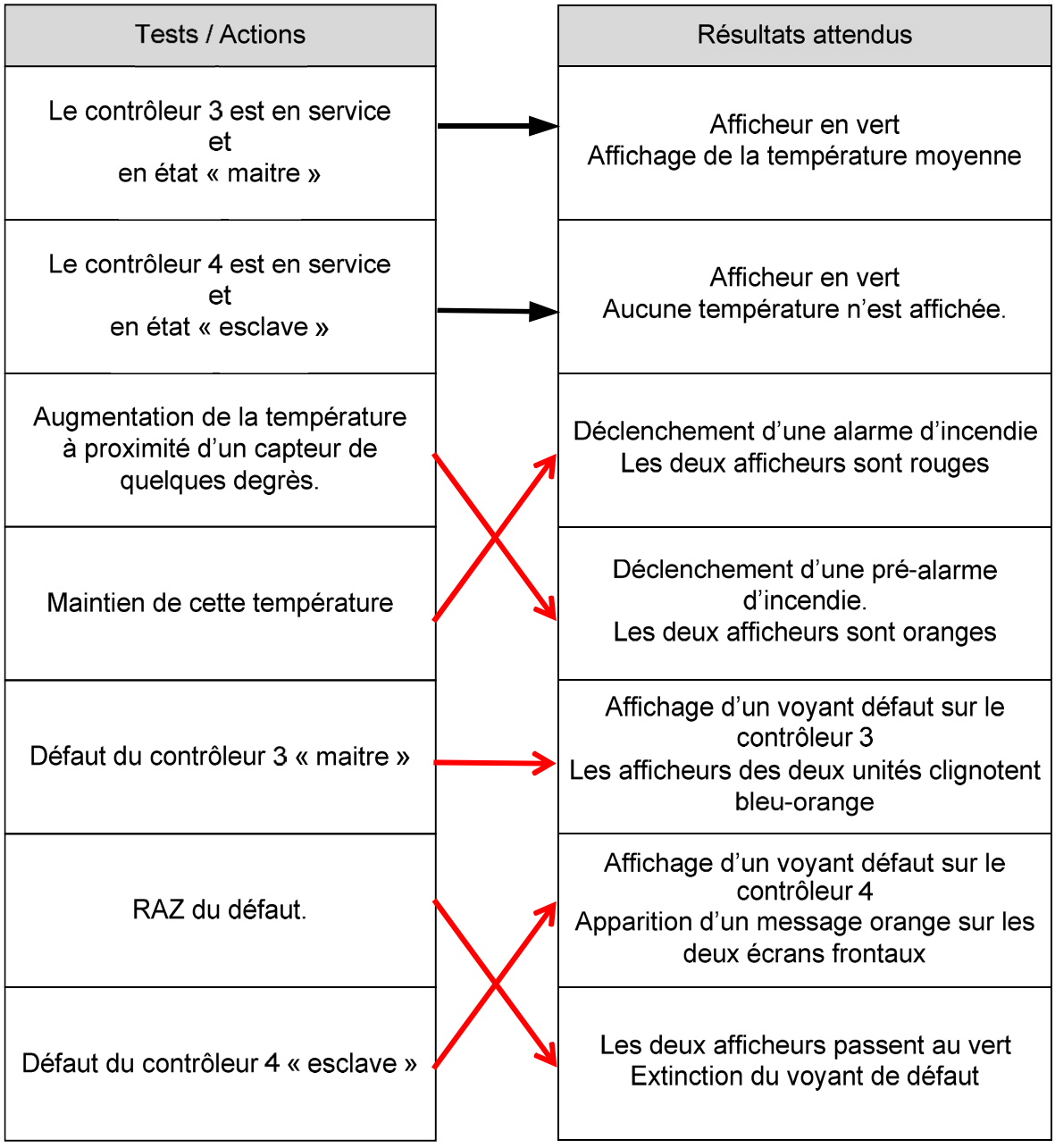
E.11 Compléter le schéma de branchement de l'installation.



NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

L'installation des différents éléments ainsi que le paramétrage du contrôleur ayant été effectué, on souhaite maintenant vérifier le fonctionnement de l'ensemble de l'installation.

E.12 Relier par des flèches les « tests / Actions » et les « résultats attendus ».



NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Sujet : Approfondissement du champ d'application industriel

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

PARTIE F : VENTILATION DU TUNNEL NORD.

(DTR pages : 24 à 28)

Mise en situation :
Le bureau d'étude en charge de la conception de la ventilation latérale à l'intérieur du tunnel a déterminé que pour avoir un renouvellement correct de l'air ambiant, il était nécessaire que les accélérateurs installés sous la voûte aient une poussée effective unitaire F_e de 1066 N.
Par ailleurs, la puissance de chaque accélérateur ne devra pas dépasser 40 kW.
En plus d'assurer le renouvellement de l'air dans le tunnel, en fonctionnement mode sanitaire, les accélérateurs doivent permettre, en cas d'incendie l'évacuation des fumées vers les trappes d'extraction. Pour cela, ils doivent être pilotés dans les deux sens.

L'analyse portera sur :
- le choix des accélérateurs de ventilation du tube nord,
- le choix et le raccordement des capteurs de vibrations associés,
- le choix et le raccordement les variateurs de vitesse de ces accélérateurs.

F.1 Choix des accélérateurs

F.1.1 Calculer la poussée nominale F_n de l'accélérateur.

Formule	Application numérique	Résultat
Fn = Fe / (k1 x k2)	**1066 / (0,85 x 0,94)**	**1334 N**

F.1.2 Déterminer la référence de l'accélérateur.

Référence de l'accélérateur (P_{max} : 40 kW)	**JZR 12.5 – 38/4**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

F.2 Choix et raccordement des capteurs de vibration associés aux accélérateurs

Des capteurs de vibrations sont raccordés aux accélérateurs pour la fiabilité et la sécurité de ces derniers.

F.2.1 Relever les caractéristiques du capteur de vibration VSA à raccorder au module de diagnostic VSE 100.

	Référence	Tension d'alimentation	Sortie analogique	Repères des bornes de raccordement
Capteur de vibration	**VSA001**	**7,2 V à 18 V**	**0 - 10 mA**	**1-2-3-4**

	Référence	Tension d'alimentation	Tension alimentation capteur	Entrée courant utilisée	Repères des bornes de raccordement
Électronique de diagnostic	**VSE100**	**24 V DC**	**9V DC**	**0 – 10 mA**	**9-10-11-12 ou 13-14-15-16 ou 17-18-19-20 ou 21-22-23-24**

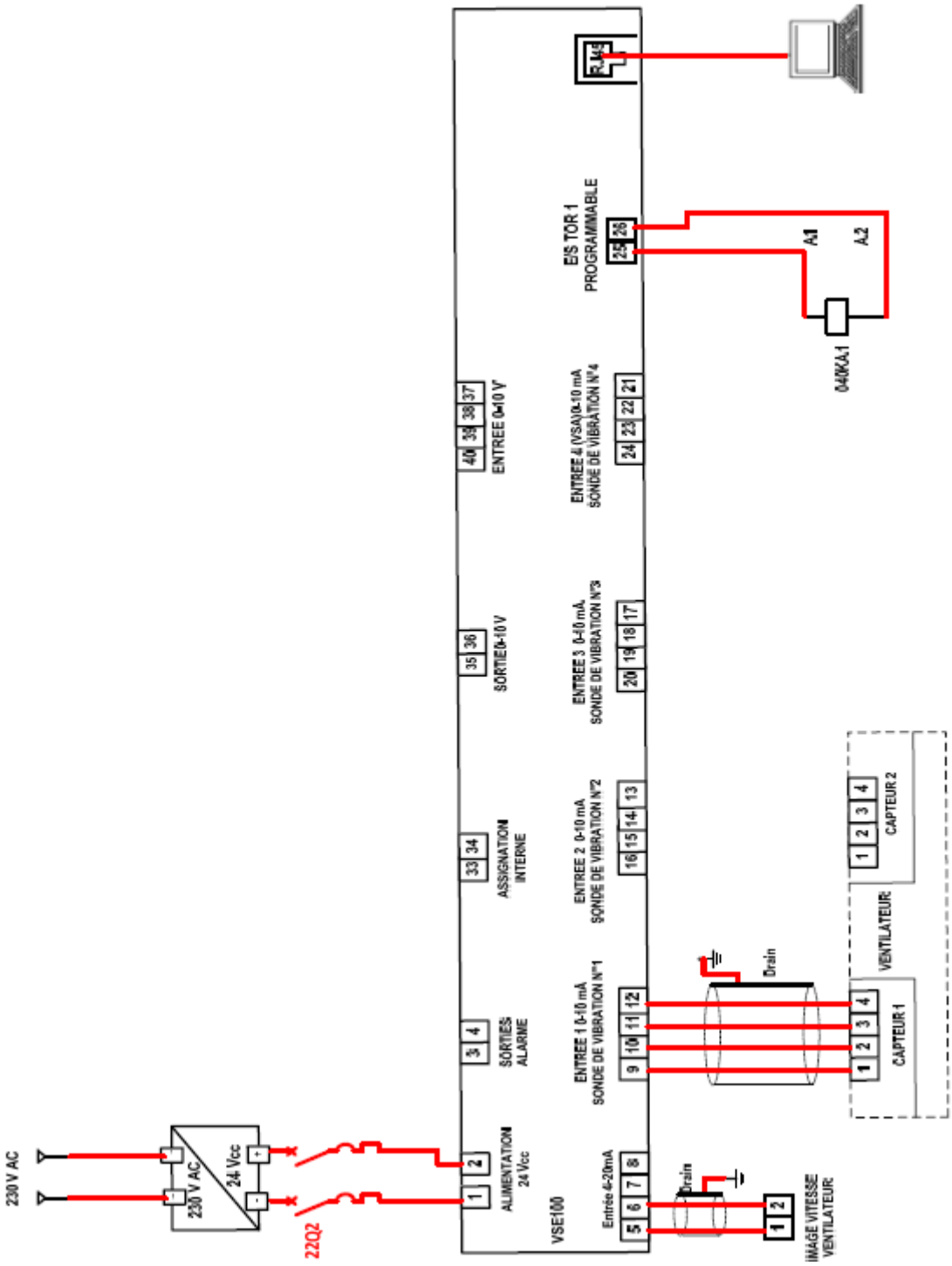
F.2.2 Conclure sur la compatibilité entre le capteur et le module de diagnostic.

L'ensemble est compatible (tension d'alimentation du capteur pouvant être délivrée par le module, compatibilité sortie analogique et l'entrée courant du module).

F.2.3 Compléter le schéma de raccordement de l'électronique de diagnostic VSE100 : (Page suivante)

- alimentation en 24 Vcc et protection sur la partie continue par un disjoncteur 2P 6A repéré 22Q2,
- image de la vitesse (information vitesse), raccordement via un câble blindé (drain raccordé à la masse) sur l'entrée 1,
- raccordement du capteur 1 à l'électronique de diagnostic par câble blindé (drain raccordé à la masse),
- un relais repéré 040KA1 permet de transmettre à la GTC tout défaut de vibration détecté par le capteur 1 via la borne de sortie TOR1 programmable,
- une prise diagnostic RJ45 pour le raccordement à distance d'un PC via une liaison Ethernet TCP/IP.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE



NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

F.3 <u>Variateur de vitesse</u>

Les accélérateurs permettant l'évacuation des fumées par les têtes du tunnel, sont pilotés par des variateurs de vitesse.

F.3.1 Citer l'avantage principal d'un variateur par rapport à un démarreur.

En plus d'un démarrage progressif, il permet la variation de vitesse du moteur associé.

F.3.2 Relever les caractéristiques des accélérateurs.

Puissance utile	Tension	Fréquence	Vitesse de rotation
38 kW	**3 x 690 V**	**50 Hz**	**1465 tr/min**

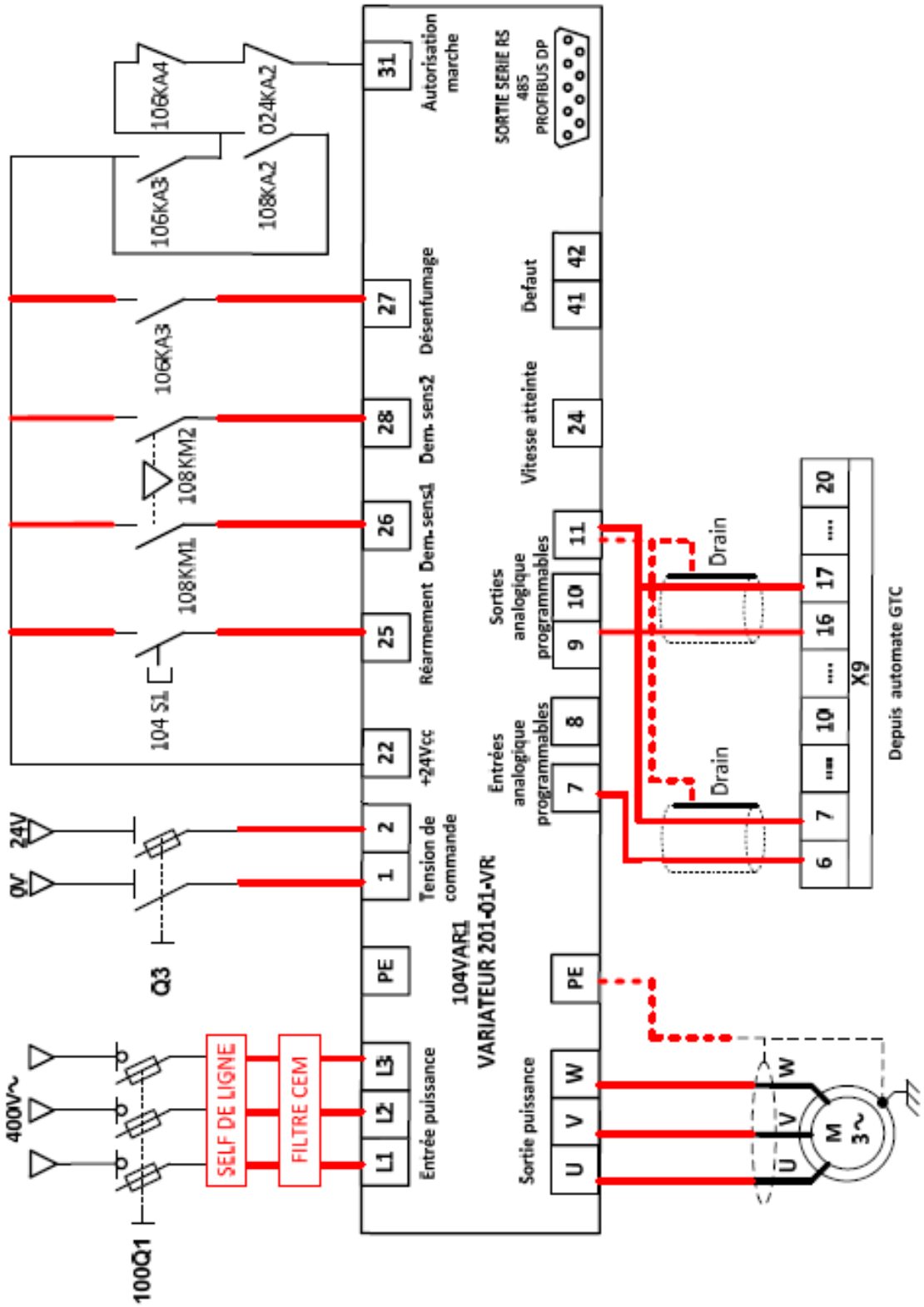
F.3.3 Déterminer le modèle du variateur de TYPE AFFINITY utilisé.

Modèle	**AFFINITY BA - 4605**

F.3.4 Compléter page suivante, le raccordement du variateur de vitesse.

<u>Cahier des charges du variateur de vitesse</u> :

- alimentation du variateur par interrupteur-sectionneur 100 Q1, et protection par self de ligne, filtre CEM,
- raccordement du moteur par un câble blindé (drain raccordé à la masse),

- alimentation externe en 24Vcc du circuit de commande/contrôle et protection par un porte fusible Q3,
- réarmement/Reset possible par bouton poussoir 104S1,
- démarrage possible dans les deux sens par contacteurs 108KM1 et 108KM2,
- activation du mode incendie par un contact du relais 106KA3 désenfumage,
- consigne de vitesse transmise via un câble blindé par la GTC, bornes X9-6(+), X9-7(0v) et X9-10(blindage) raccordée à l'entrée analogique 2 (4-20mA),
- l'image de cette vitesse borne X9-16(+), X9-17(0v) et X9-20(blindage) est renvoyée à la GTC via un câble blindé (4-20mA).

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE