

<BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2019

Épreuve E.4.2

Aciérie ArcelorMittal de Châteauneuf Éléments de Correction

PARTIE A.	CHOIX DU MATÉRIEL.....	2
PARTIE B.	RENTABILITÉ DU PROJET.....	4
PARTIE C.	CAHIER DES CHARGES DU PROGRAMME AUTOMATE.....	6
PARTIE D :	MISE EN ŒUVRE D'UN VARIATEUR.....	10
DREP1.	CYCLE DE FUSION – FONCTIONNEMENT SANS DÉFAUT.....	13
DREP2.	CYCLE DE FUSION – ALERTE TEMPÉRATURE.....	14
DREP3.	LADDER1 – PROGRAMME AUTOMATE	15
DREP4.	LADDER2 – PROGRAMME AUTOMATE	16
DREP5.	SCHÉMA DE PRINCIPE DU PILOTAGE DE LA VITESSE DES POMPES	17

PARTIE A. Choix du matériel

A1. Justifier la référence envisagée pour les variateurs :

A.1.1 Vis-à-vis des caractéristiques des motopompes ;

La référence ATV630D55N4 est prévue pour alimenter un moteur triphasé 400 V – 55 kW en charge normale (jusqu'à 110%), ce qui est notre cas.

A.1.2 Vis à vis des contraintes d'encombrement ;

La dépose des démarreurs va libérer, pour chaque démarreur, un volume de 340x950x500 mm (voir DTEC1). Chaque variateur occupe un volume de 290x922x323 mm (voir DRES1).

Nous constatons que les dimensions des variateurs sont compatibles avec le volume libéré :

- la largeur d'un variateur, 290 mm, est plus petite que celle d'un démarreur 340 mm
- la hauteur d'un variateur, 922 mm, est plus petite que celle d'un démarreur 950 mm
- la profondeur du variateur, 323 mm, est plus petite que celle de l'armoire 500 mm

Les variateurs pourront donc bien s'insérer dans les volumes libérés par les démarreurs.

A.1.3 Vis-à-vis de la CEM.

Il existe un filtre CEM intégré au variateur qui respecte la catégorie C3 (voir DRES1). Par ailleurs la documentation précise que le que les longueurs des câbles alimentant les moteurs doivent être inférieures à 150 m.

Pour variateurs	Longueur maximale de câble blindé (1) selon	
	IEC/EN 61800-3 catégorie C2	IEC/EN 61800-3 catégorie C3
Tension d'alimentation triphasée 380...480 V IP 21	m	m
ATV630U07N4... D45N4	50	150
ATV630D55N4... C16N4	-	150
ATV630C22N4... C31N4	-	50

Extrait DRES1 – 2) Filtrage

Cette contrainte est respectée puisqu'il prévu de faire cheminer les câbles sur une longueur de 11m. La norme sera bien respectée.

A2. Donner en la justifiant, une référence pour les disjoncteurs à associer aux variateurs.

Le document DRES1 précise que la référence préconisée pour le disjoncteur à associer à un variateur de référence ATV630D55N4 est NSX160*MA150.

Nous devons compléter cette référence en précisant la valeur souhaitée pour son courant de coupure ultime (Icu). Nous choisissons un Icu de 36kA car cette valeur est supérieure à la valeur du courant de court-circuit triphasé présumé, 35kA, au point de raccordement de l'armoire donc du disjoncteur qui y sera implanté (voir DTEC1).

La référence complète pour le disjoncteur à associer au variateur est NSX160FMA150.

Départs-moteurs IEC standard					
Moteur	Variateur	Disjoncteur	Calibre	I _{rm}	Contacteur de ligne
Puissance (1)	Référence	Référence (2)	A	A	Référence (4) (5)
kW	HP		Tension d'alimentation triphasée 380...415 V 50/60 Hz		
0,75	1	ATV630U07N4	2,5	33,5	LC1D09**
1,5	2	ATV630U15N4	4	51	LC1D09**
2,2	3	ATV630U22N4	6,3	78	LC1D09**
3	–	ATV630U30N4	10	138	LC1D09**
4	5	ATV630U40N4	10	138	LC1D09**
5,5	7,5	ATV630U55N4	14	170	LC1D18**
7,5	10	ATV630U75N4	18	223	LC1D18**
11	15	ATV630D11N4	25	327	LC1D25**
15	20	ATV630D15N4	32	448	LC1D25**
18,5	25	ATV630D18N4	40	560	LC1D40A**
22	30	ATV630D22N4	50	700	LC1D50A**
30	40	ATV630D30N4	65	910	LC1D50A**
37	50	ATV630D37N4	80	1 000	LC1D65A**
45	60	ATV630D45N4	100	1 300	LC1D80**
55	75	ATV630D55N4	150	1 500	LC1D115**
75	100	ATV630D75N4	200	1 800	LC1D145**

Disjoncteur	I _{cu} (kA) pour 380...415	
GV2L07	100	F
GV2L08...14 (3)	130	–
GV2L14 (3)...22	50	–
GV3L32...65	50	–
NS80HMA	70	–
NSX100*MA100	–	36
NSX160*MA150	–	36
NSX250*MA220	–	36
NSX400... NSX630...	–	26

Extrait DRES1 – 4) Associations départs moteurs

A3. **Déterminer** en détaillant la procédure suivie, la section minimale nécessaire pour les câbles alimentant les moteurs. **Proposer** une référence pour ces câbles et la longueur à commander.

La valeur du courant I_N , calibre du dispositif de protection du câble, est égale à la valeur de réglage de la protection thermique assurée par les variateurs, c'est-à-dire le courant nominal moteur : 97A (voir DTEC1).

Remarque : Le disjoncteur protège contre les courts-circuits, son calibre n'est pas pris en compte ici.

Nous devons déterminer le facteur de correction, K, à apporter au courant I_N , il dépend du mode de pose du câble : $K = K1 \times K2 \times K3 = 0,95 \times 0,7 \times 0,91 = 0,605$.

Le détail de l'estimation des facteurs K1, K2 et K3 est donné ci-dessous.

Lettre de sélection	B	4G donc multiconducteur, sous caniveaux
K1	0,95	lettre B. Vides de construction et caniveaux
K2	0,7	méthode B, trois conducteurs jointifs
K3	0,91	isolant PR, 40°C

Détermination de la section minimale

Connaissant I_z et K (I_z est le courant équivalent au cou canalisation : $I_z = I_N/K$), le tableau ci-après indique la se

Circuit triphasé avec conducteurs isolés au polyéthylène

lettre de sélection	isolant et nombre de conducteurs ch				butyle ou PR oi			
	caoutchouc ou PVC		PVC3		PVC2		PR3	
C		PVC3		PR3		PR2		
E			PVC3		PVC2	PR3	PR2	PR2
F				P	C3	PVC2	PR3	PR2
1,5	15,5	17,5	18,5	1	5	2		
2,5	21	24	25	2	3	4		
4	28	32	34	3	4	5		
6	36	41	43	4	5	6		
10	50	57	60	6	7	8		
16	68	76	80	8	9	10		
25	89	96	101	10	11	12	149	161
35	110	119	126	12	13	14	147	158
50				16	17	18	169	185
				18	19	20	207	225
				20	21	22	225	242
				22	23	24	246	264
				24	25	26	264	283
				26	27	28	283	310

Nous pouvons calculer le courant fictif $I'_z = \frac{I_N}{K} = \frac{97}{0,605} = 160A$. Nous en déduisons la section minimale nécessaire pour les câbles alimentant les moteurs : 50mm^2

Le document DRES4 précise que les câbles sont constitués d'âmes en cuivre et de conducteurs isolés au polyéthylène (PR).

Nous choisissons un câble multiconducteur 4 G 50 avec gaine extérieure noire dans la gamme ölflex servo 2YSLCY-JB, la référence correspondante est 1136458.

Il s'agit de câbles multiconducteurs, il est donc nécessaire de commander un câble de 11 m par moteur, ce qui donne un total de 33m de câble à commander.

PARTIE B. Rentabilité du projet

Consommation avec variateurs

- B1. **Calculer** en heures, la durée annuelle de fonctionnement du four. **En déduire** la durée annuelle de fonctionnement des motopompes à vitesse réduite.

Le temps de fonctionnement du four est de 88h par semaine et il est arrêté pendant 7 semaines dans l'année. Son temps de fonctionnement annuel est donc égale à :

$$T_{\text{fonctionnement annuel}} = T_{\text{fonctionnement par semaine}} \times Nb_{\text{semaine de fonctionnement}}$$

$$T_{\text{fonctionnement annuel}} = 88 \times (52 - 7) = 3960 \text{ heures}$$

Les durées de chargement, de fusion et de déchargement sont égales. Les motopompes sont à vitesse réduite pendant les phases de chargement et de déchargement, donc pendant 2/3 du temps de fonctionnement du four.

$$Durée_{1120 \text{ tr.min}^{-1}} = \frac{2}{3} \times T_{\text{fonctionnement annuel}} = \frac{2}{3} \times 3960 = 2640 \text{ heures par an}$$

- B2. **Calculer** l'énergie électrique consommée annuellement par l'ensemble des motopompes pour refroidir les fumées.

$$E_{\text{Totale}} = E_{1485 \text{ tr.min}^{-1}} + E_{1120 \text{ tr.min}^{-1}}$$

$$E_{\text{Totale}} = P_{1485 \text{ tr.min}^{-1}} \times Durée_{1485 \text{ tr.min}^{-1}} + P_{1120 \text{ tr.min}^{-1}} \times Durée_{1120 \text{ tr.min}^{-1}}$$

$$E_{\text{Totale}} = 2 \times 40 \times (3960 - 2640) + 2 \times 17,3 \times 2640$$

$$E_{\text{Totale}} = 2 \times 52800 + 2 \times 45672 = 196\,944 \text{ kWh par an}$$

Etude de la rentabilité du projet

- B3. **Calculer** les économies, en €, réalisables annuellement en remplaçant les démarreurs par des variateurs.

L'énergie économisée avec un pilotage des motopompes par variateurs est égale à :

$$E_{\text{économisée}} = E_{\text{démarreurs}} - E_{\text{variateurs}} = 316\,800 - 200\,000 = 116\,800 \text{ kWh par an}$$

Le coût du kWh toutes taxes comprises est de 7,2 c€. L'économie réalisée annuellement, en €, est donc égale à :

$$\text{Economies} = 116\,800 \times \frac{7,2}{100} = 8409,6 \text{ € par an}$$

- B4. **Calculer** le coût total hors taxe de l'investissement à réaliser. **En déduire** la TVA à payer et le coût total toutes taxes comprises correspondants.

Intitulé	Détails	Quantité	Prix Unitaire HT	Somme à investir HT
Variateurs	1 variateur par pompe, 3 pompes	3	3200	9600 €
Disjoncteurs	1 disjoncteur par variateur	3	400	1200 €
Câbles				350 €
Main d'œuvre	3x3h var + 3x1h disj + 3x3h raccord + 3h test +7.5h prog	31,5	30	945 €
Coût total HT				12095 €

La TVA est égale à 20% du coût total hors taxe HT : $TVA = 12095 \times \frac{20}{100} = 2419 \text{ €}$

Le coût total toutes taxes comprises est de $Coût_{TTC} = TVA + Coût_{HT} = 14514\text{€}$

Remarque pour le correcteur : la capacité du candidat à présenter des informations sous forme d'un tableau pourra être prise en compte.

B5. Calculer, à partir des résultats précédents, le temps de retour sur investissement du projet.

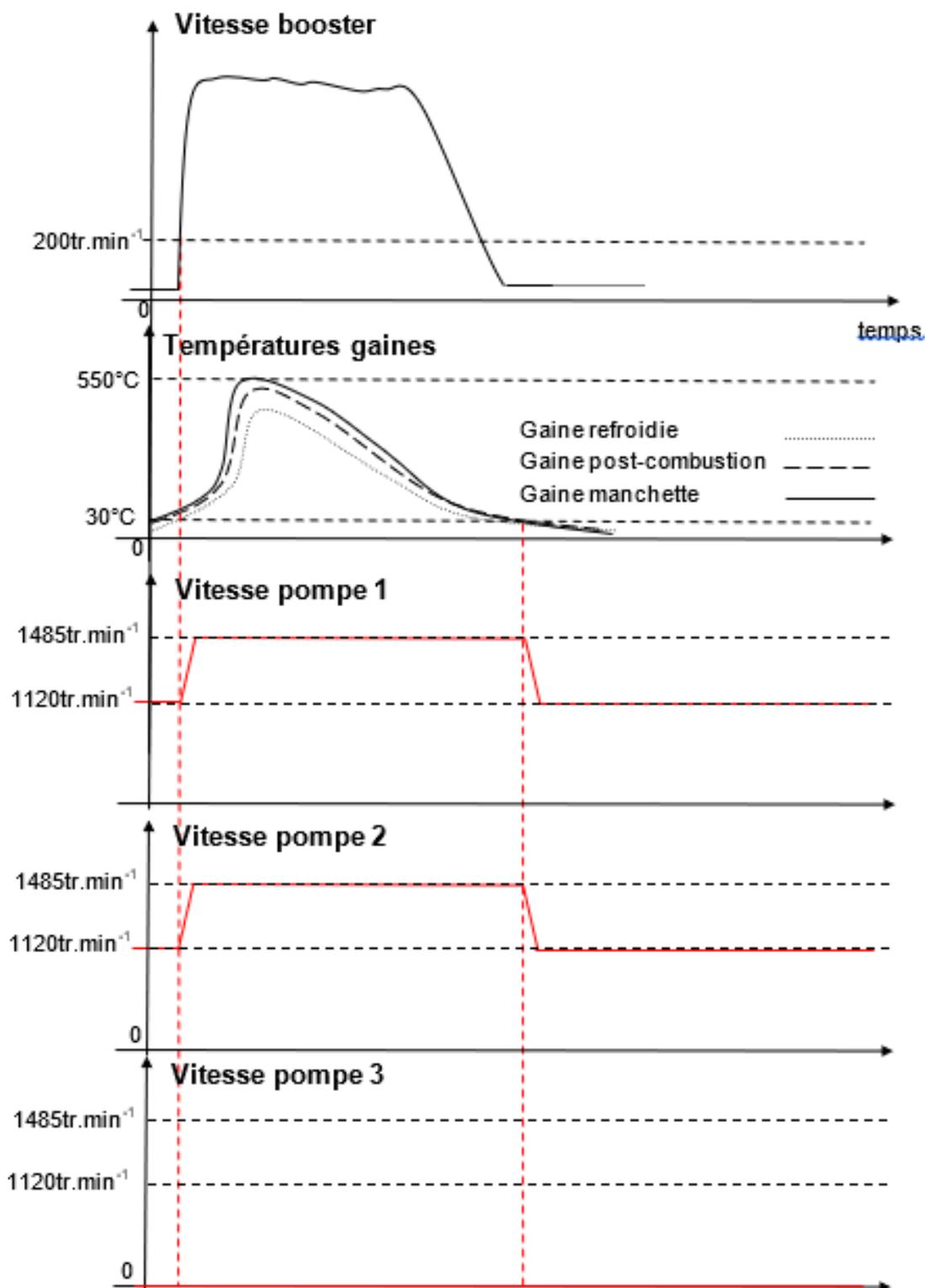
Le temps de retour sur investissement est de moins d'un an :

$$T_{retour} = \frac{Coût_{TTC} - Aides}{Economies} = \frac{14514 - 7000}{8409,6} = 0,893 \text{ an soit } 9 \text{ mois.}$$

PARTIE C. Cahier des charges du programme automate

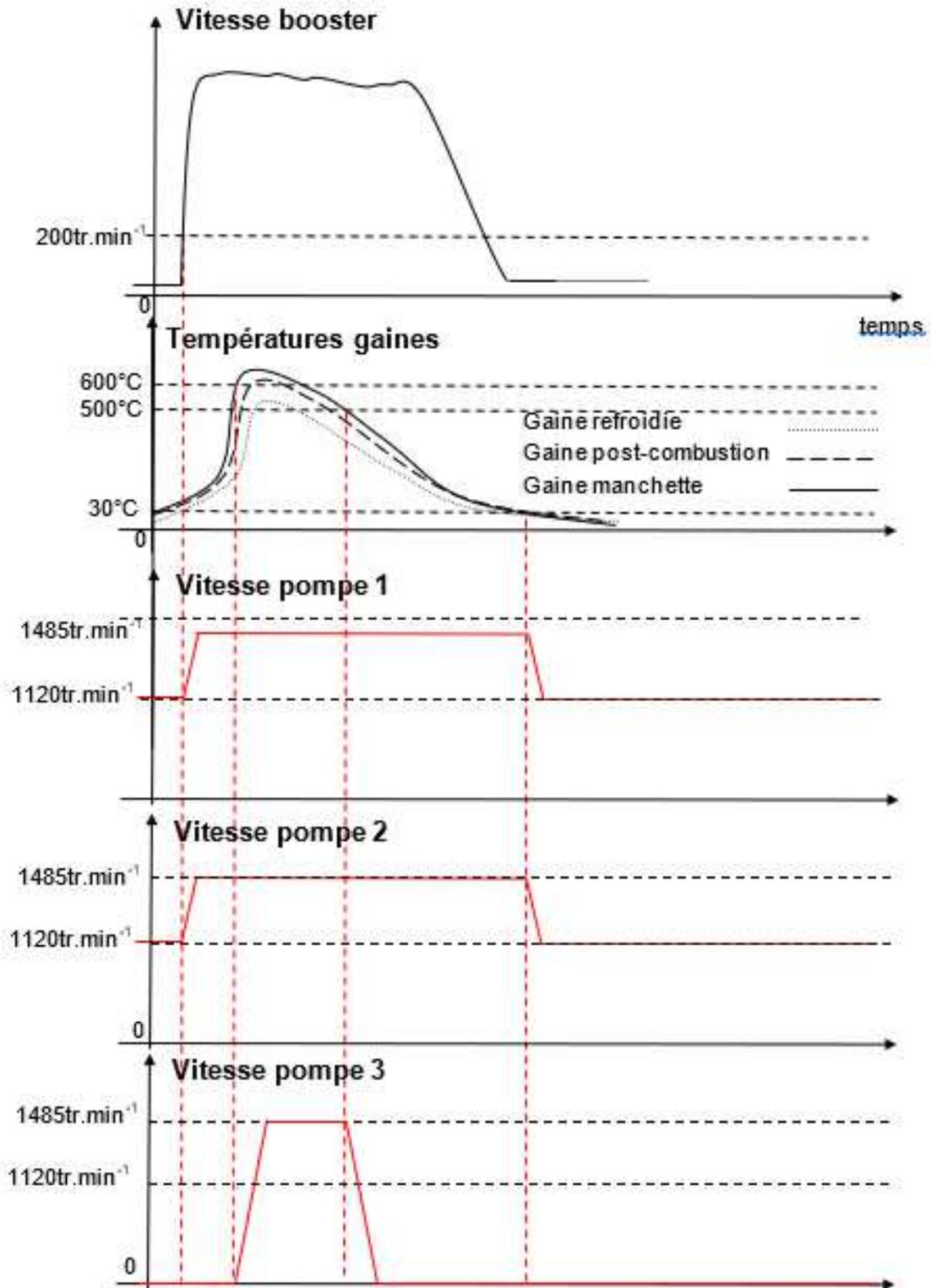
Chronogrammes

C1. **Compléter** le document réponse DREP1 en représentant les chronogrammes des vitesses des pompes pour un fonctionnement sans alerte température.



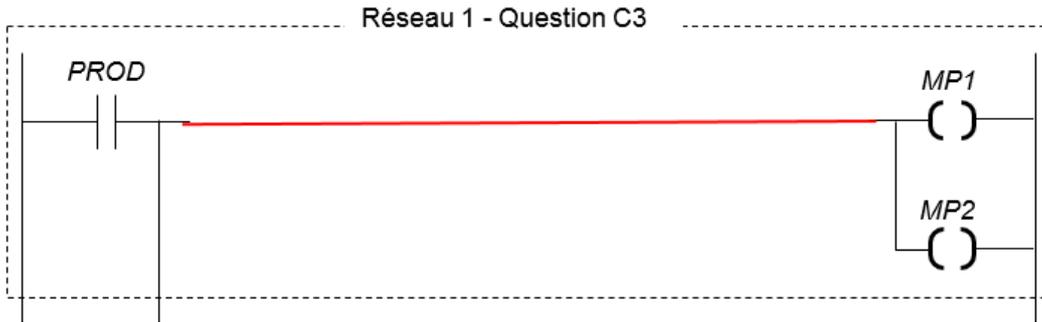
Remarque : un ordre de fin de fusion a été donné ce qui provoque la diminution des températures des fumées dans les gaines. Cet ordre de fin de fusion n'apparaît, ni sur le chronogramme, ni dans le cahier des charges pour faciliter la représentation du chronogramme.

C2. **Compléter** le document réponse DREP2 en représentant les chronogrammes des vitesses des pompes pour un fonctionnement avec une alerte température.

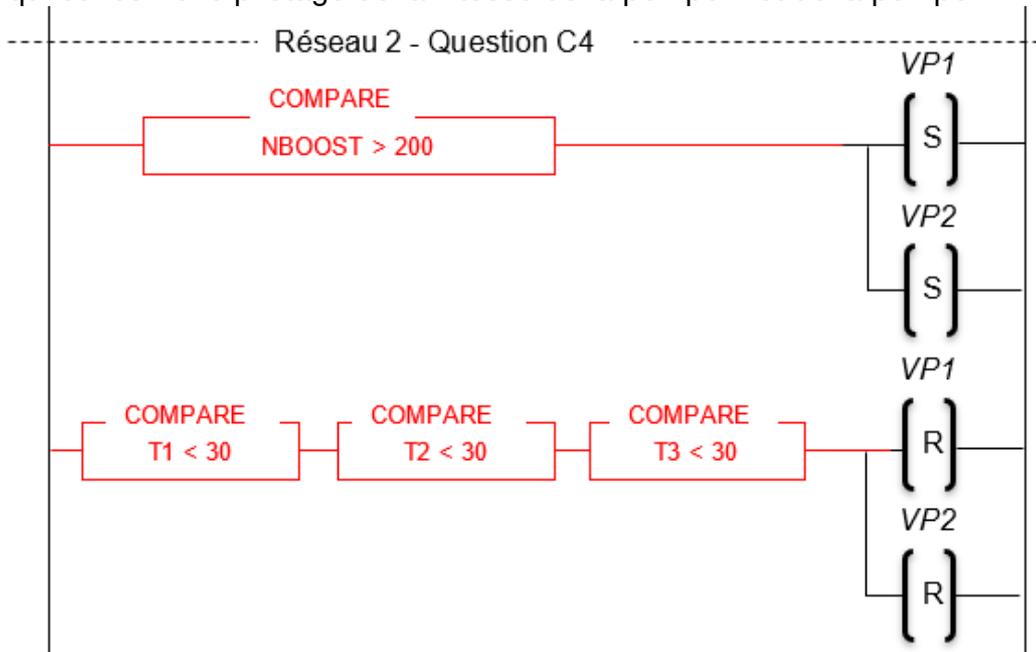


Pilotage de la pompe 1 et de la pompe 2

- C3. **Compléter** sur le document réponse DREP3 le réseau1 des sorties MP1 et MP2 qui concerne la marche et l'arrêt de la pompe 1 et de la pompe 2.

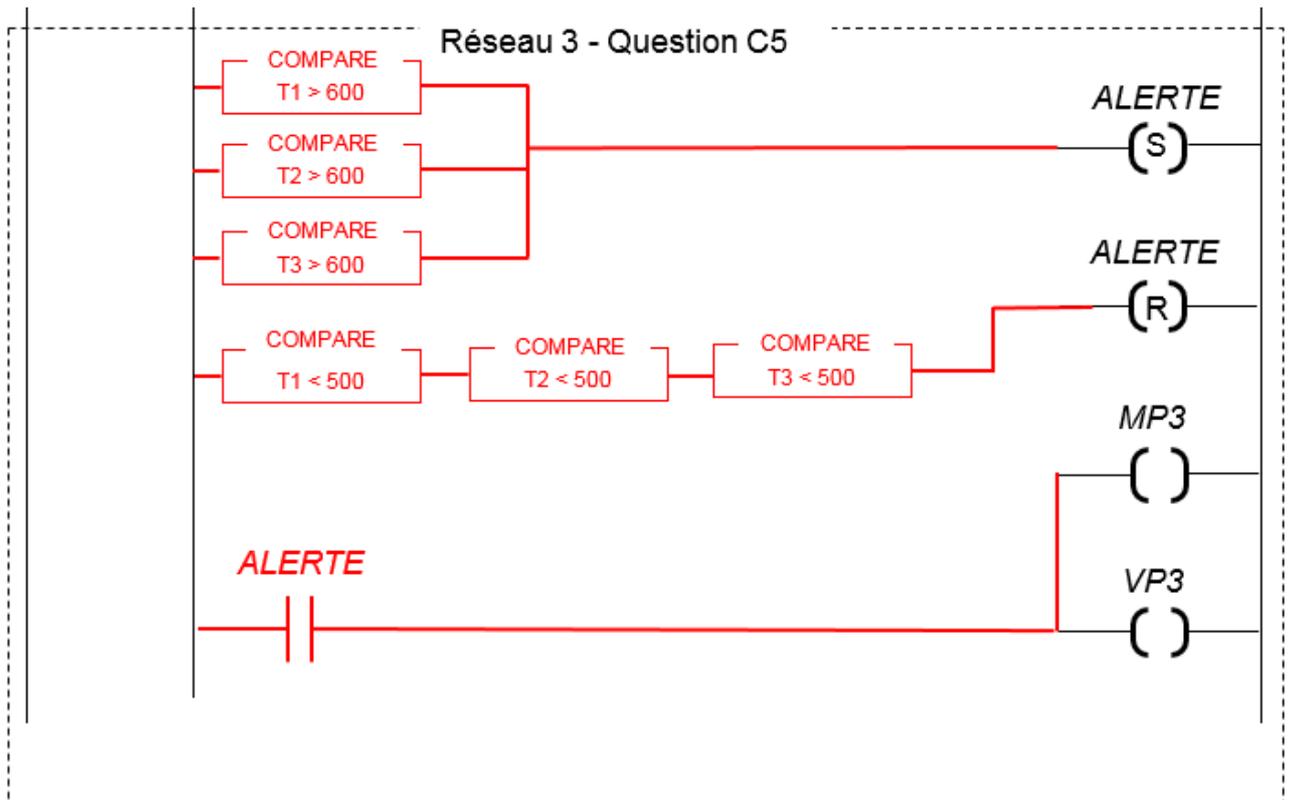


- C4. **Compléter** sur le document réponse DREP3 le réseau2 des sorties VP1 et VP2 qui concerne le pilotage de la vitesse de la pompe 1 et de la pompe 2.

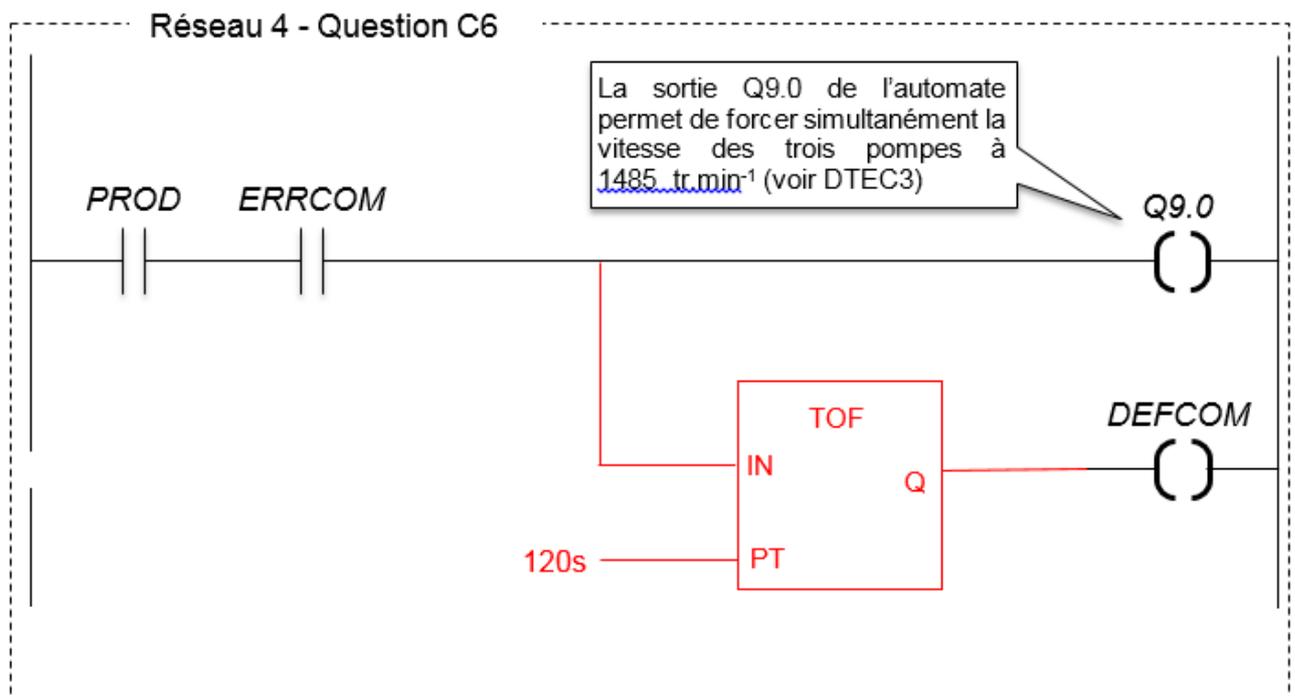


Pilotage de la pompe 3

- C5. **Compléter** sur le document réponse DREP3 le réseau3 de la sortie (interne) ALERTE qui concerne le pré seuil d'alerte température et le pilotage de la pompe 3 par les sorties MP3 et VP3.



- C6. **Compléter** sur le document réponse DREP4 le réseau 5 de la sortie (interne) DEFCOM qui concerne la prise en compte d'une erreur de communication.



Partie D : Mise en œuvre d'un variateur

D1 Paramétrage du variateur 1 pour satisfaire aux exigences du cahier des charges :

D1.1. **Donner** les codes des paramètres, du variateur, et leurs valeurs de réglages pour prendre en compte les caractéristiques de la pompe pilotée.

Afin de prendre en compte les caractéristiques de la motopompe, il est nécessaire d'effectuer les réglages indiqués dans le tableau ci-dessous :

Codes	Réglages
bFr	50
nPr	55
unS	400
nCr	97
FrS	50
nSP	1485

D1.2. **Donner** les codes des paramètres, du variateur, et leurs valeurs de réglages pour éliminer les coups de bélier dans le circuit hydraulique.

Afin d'éliminer les coups de bélier dans le circuit hydraulique, il est nécessaire d'effectuer les réglages indiqués dans le tableau ci-dessous :

Codes	Réglages
ACC	20
deC	20

D1.3. **Donner** les codes des paramètres, du variateur, et leurs valeurs de réglages pour piloter les consignes de vitesses attendues.

Afin que l'état, 0 ou 1, des entrées Di1 et Di2 pilote la pompe, il est nécessaire d'effectuer les réglages indiqués dans le tableau ci-dessous :

Codes	Réglages
tcc	2C

Afin de piloter deux consignes de vitesses par l'entrée Di2, 1485 tr/min et 1120 tr/min, il est nécessaire d'effectuer les réglages indiqués dans le tableau ci-dessous :

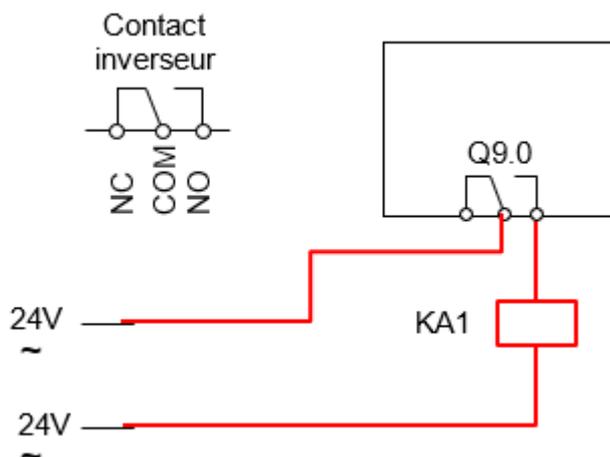
Codes	Réglages
PS2	Di2
SP2	38

Le paramétrage du variateur 1 a été effectué. Le fonctionnement obtenu est le suivant :

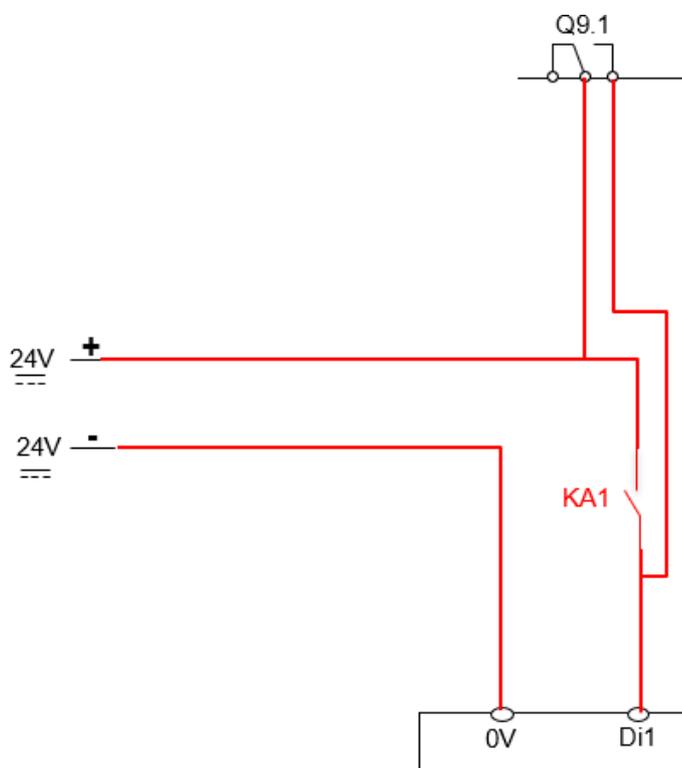
Entrée Di1 du variateur 1	Entrée Di2 du variateur 1
Si Di1 = 0V : Arrêt pompe	Si Di2 = 0V : Vitesse pompe = 1485 tr.min ⁻¹ .
Si Di1 = 24 V : Marche Pompe	Si Di2 = 24V : Vitesse pompe = 1120 tr.min ⁻¹ .

D2 Réalisation des schémas de câblage du variateur 1 :

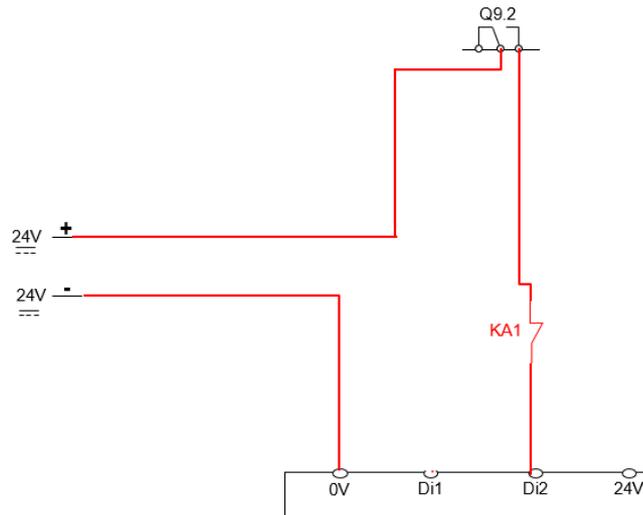
D2.1. **Compléter** le schéma du document réponse DREP5 en représentant les liaisons à réaliser pour relayer le contact de sortie Q9.0 de l'automate.



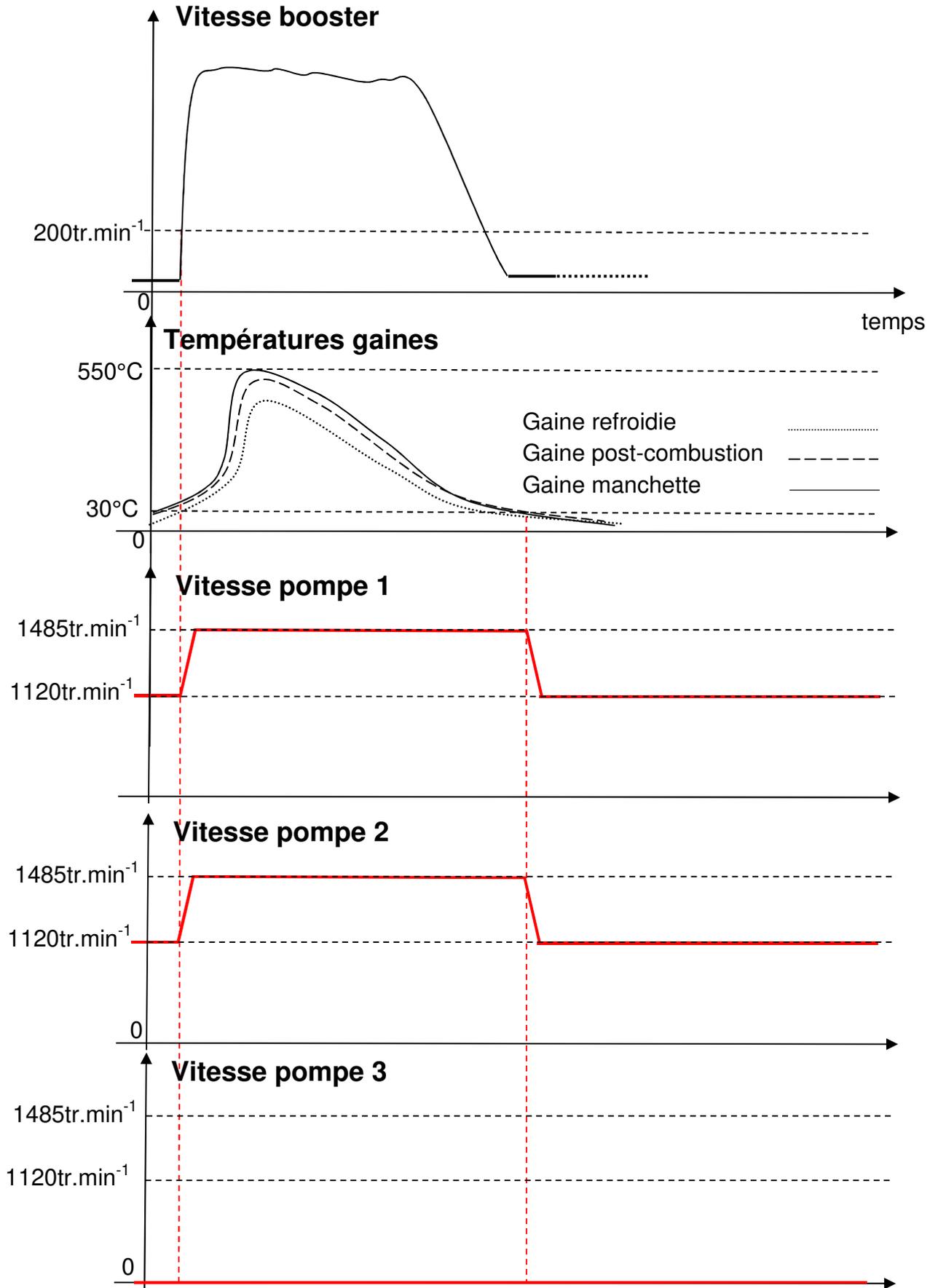
D2.2. **Compléter** le schéma du document réponse DREP5 en représentant les liaisons à réaliser pour piloter la marche du variateur.



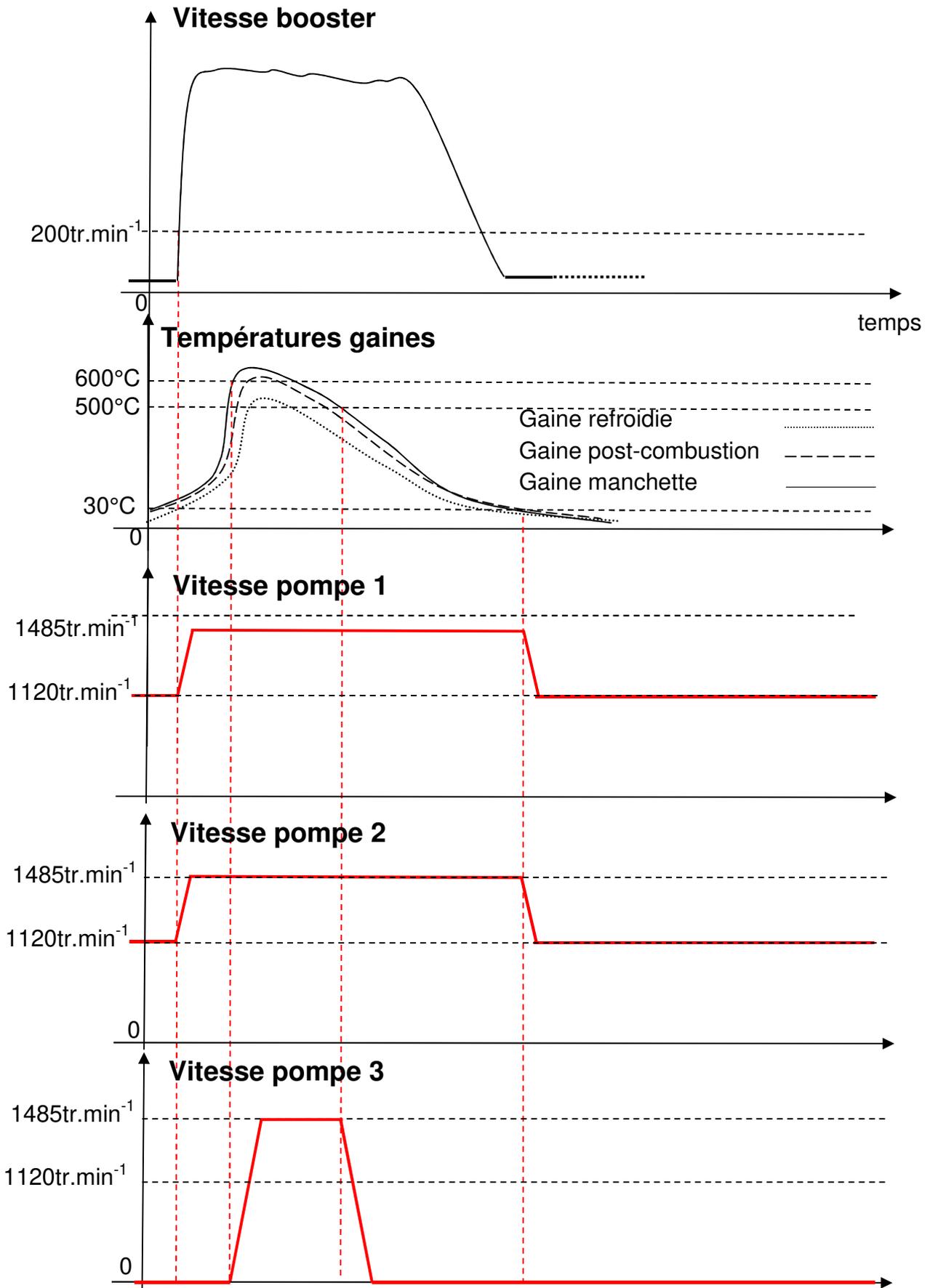
D2.3. **Compléter** le schéma du document réponse DREP5 en représentant les liaisons à réaliser pour piloter la consigne de vitesse du variateur



DREP1. Cycle de fusion – Fonctionnement sans défaut

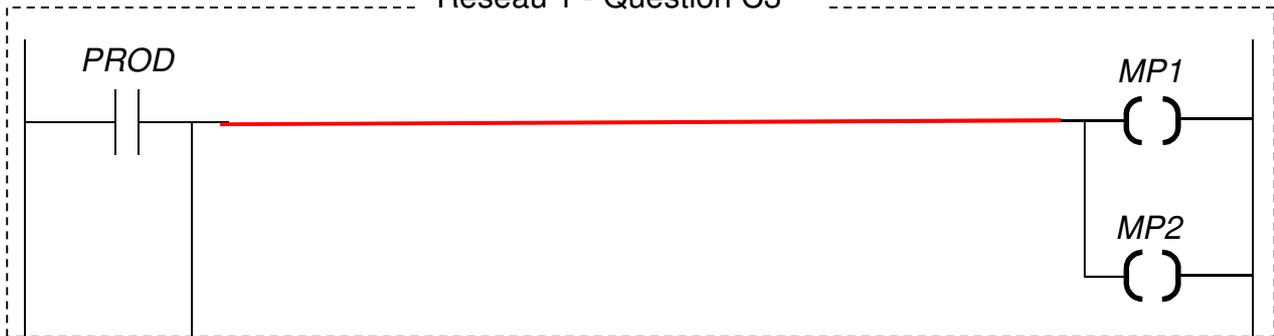


DREP2. Cycle de fusion – Alerte température

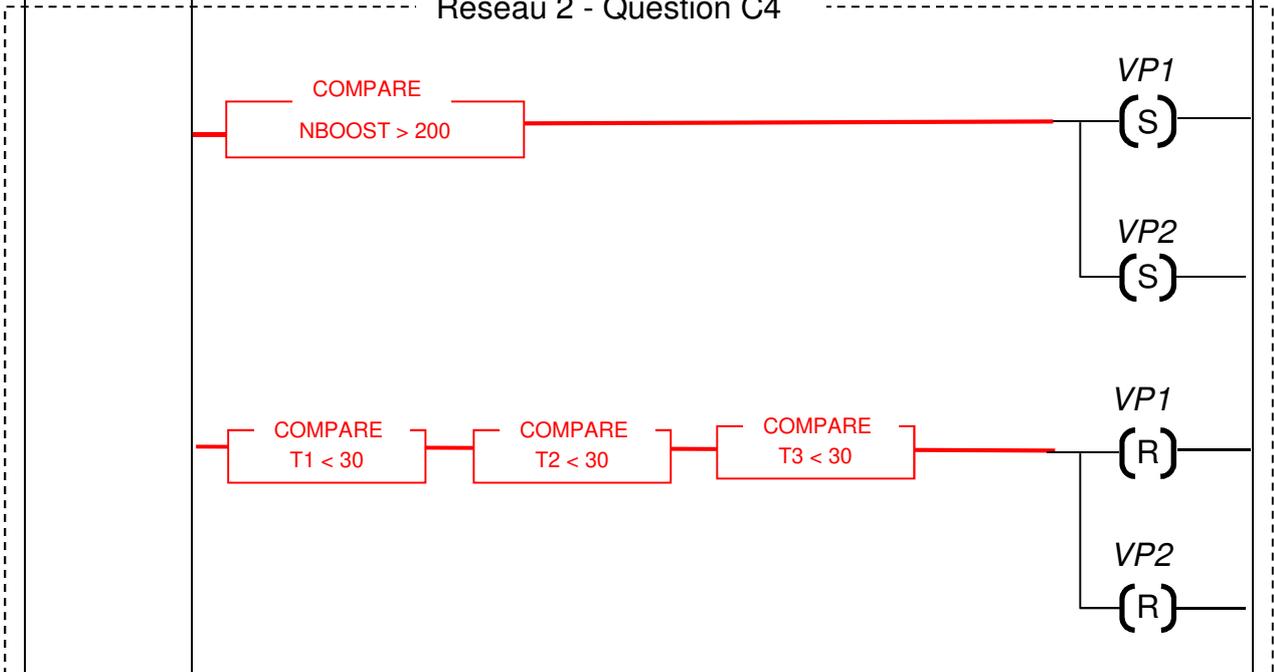


DREP3. LADDER1 – Programme Automate

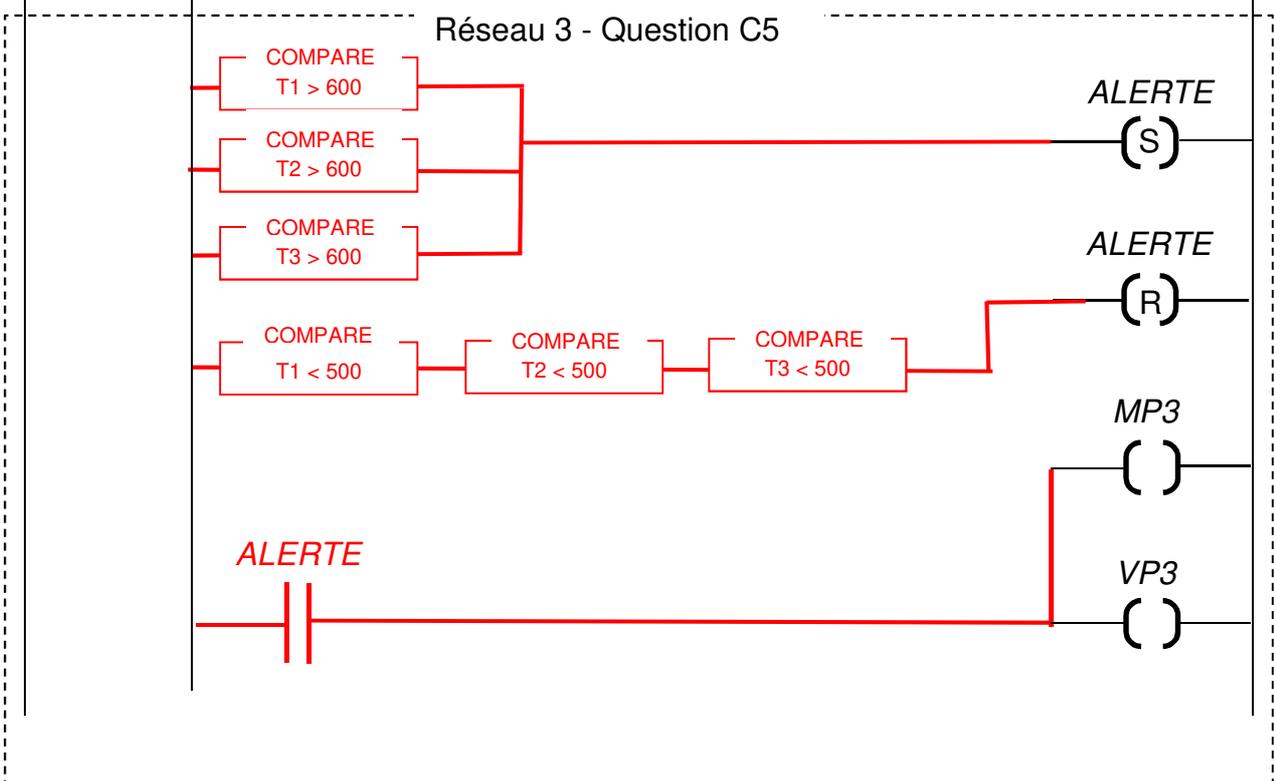
Réseau 1 - Question C3



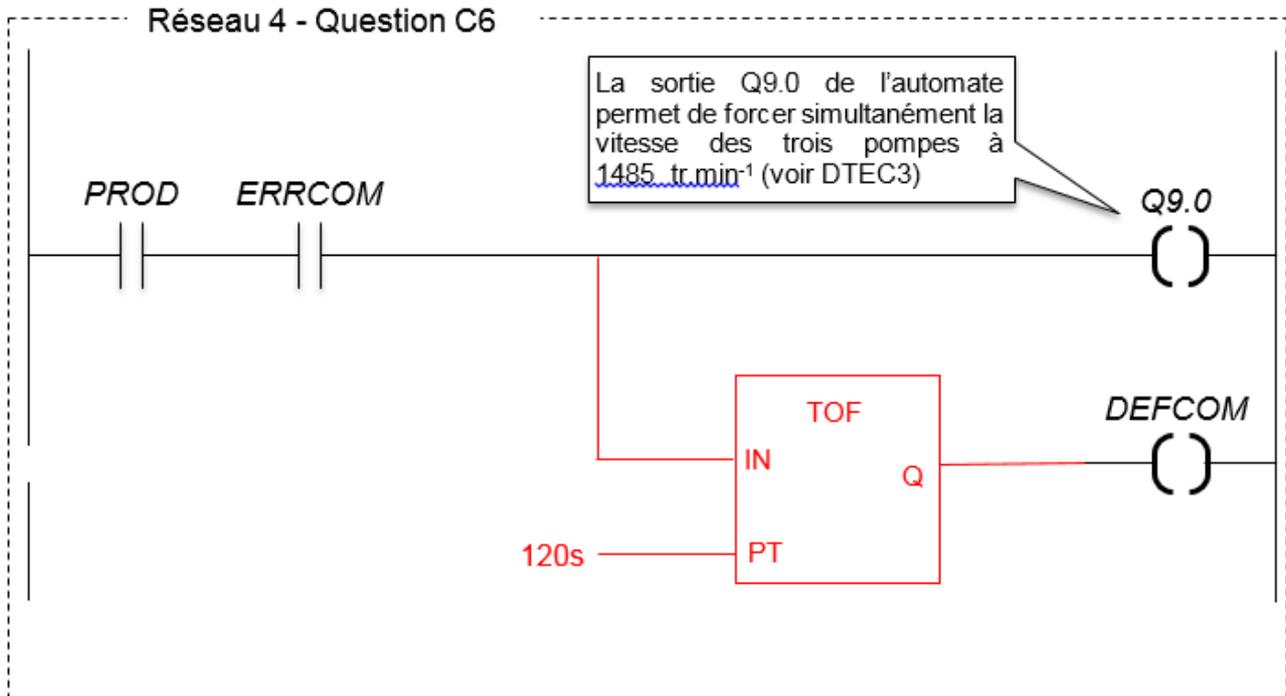
Réseau 2 - Question C4



Réseau 3 - Question C5



DREP4. LADDER2 – Programme Automate



DREP5. Schéma de principe du pilotage de la vitesse des pompes

