

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2018

ÉPREUVE E4.2

### Projet "BONCOLAC"



### CORRECTION

Les trois parties de l'épreuve sont indépendantes.

PARTIE A.	"Alimentation du site pour une capacité de production maximale" .....	3
PARTIE B.	"Alimentation provisoire pour une capacité de production réduite" .....	6
PARTIE C.	"Production du froid primaire" .....	8
PARTIE D.	"Motorisation de la nouvelle ligne de fabrication" .....	12

Proposition de barème		
	Equilibre à respecter	
Partie A	Environ 35 % du total	9 questions
Partie B	Environ 15 % du total	3 questions
Partie C	Environ 35 % du total	9 questions
Partie D	Environ 15 % du total	4 questions
Questions	Nbre de points	Total par partie
A.1.1		35 points
A.1.2		
A.1.3		
A.2.1		
A.2.2		
A.2.3		
A.2.4		15 points
A.2.5		
A.2.6		
B.1		35 points
B.2		
B.3		
C.1.1		35 points
C.1.2		
C.2.1		
C.2.2		
C.2.3		
C.2.4		15 points
C.2.5		
C.3.1		
C.3.2		
D.1.1		15 points
D.1.2		
D.2.1		
D.2.2		
		Total : 100 points

## PARTIE A. "Alimentation du site pour une capacité de production maximale"

### A.1. Choix des transformateurs.

A.1.1. **Calculer** pour le TGBT1, la puissance active totale mise en jeu par les ateliers traiteur et boulangerie. Vous aurez soin de prendre en compte les coefficients d'utilisations et de simultanités imposés par le cahier des charges.

$$P_{TGBT1} = K_{STGBT1} \times (P_{\text{Traiteur}} \times K_{u\text{Traiteur}} + P_{\text{Boulangerie}} \times K_{u\text{Boulangerie}} \times K_{S\text{Boulangerie}})$$

$$P_{TGBT1} = 0,8 \times (1250 \times 0,8 + (18 \times 10 + 10 \times 50) \times 0,8 \times 0,5) = 1018\text{kW}$$

A.1.2. **En déduire** la puissance apparente totale, mise en jeu au niveau du TGBT1.

$$Q_{TGBT1} = P_{TGBT1} \times \tan\varphi = 1018 \times 0,4 = 407 \text{ kVAR}$$

$$S_{TGBT1} = \sqrt{P_{TGBT1}^2 + Q_{TGBT1}^2} = \sqrt{1018^2 + 407^2} = 1096 \text{ kVA}$$

Des calculs similaires à ceux effectués précédemment ont permis d'établir la puissance apparente totale mise en jeu au niveau du TGBT2. Le tableau ci-dessous résume les valeurs à prendre en compte pour poursuivre l'étude.

TGBT 1	1096 kVA
TGBT 2	725 kVA

A.1.3. **Donner** en vous justifiant, les puissances apparentes des transformateurs T1 et T2 pour satisfaire le fonctionnement de la distribution basse tension du site (décrit dans le cahier des charges).

Chaque transformateur doit pouvoir alimenter les deux TGBT. Par conséquent sa puissance apparente doit être supérieure à  $1096+725= 1821$  kVA. La puissance disponible (DRES1) immédiatement supérieure à 1821 kVA est 2000 kVA.

Les puissances apparentes des transformateurs T1 et T2, seront égales à 2000kVA.

Pour la suite de l'étude on considère que les puissances apparentes des transformateurs T1 et T2 sont égales à 2000kVA.

### A.2. Choix des composants relatifs à la distribution basse tension du site.

A.2.1. **Justifier** pour D1, D2 et I1, le choix d'un dispositif d'interverrouillage à clefs prisonnières.

Nous retenons un dispositif d'interverrouillage par clés prisonnières car les disjoncteurs D1, D2 et l'interrupteur I1 sont éloignés les uns des autres.

A.2.2. **Compléter** la table de vérité proposée sur le document réponse DREP1 mettant en évidence les différentes situations en fonction de l'état des organes de commande (D1, D2, I1). **Proposer** un descriptif de la méthode à utiliser par les

techniciens de maintenance en cas de nécessité d'alimentation du site sur un seul transformateur.

La table de vérité concerne trois équipements pouvant être ouvert ou fermé (2 états),  $2^3 = 8$  combinaisons sont donc possibles pour la table de vérité.

D1	D2	I1	Situation d'alimentation
0	0	0	Installation à l'arrêt
0	0	1	TGBT1 et TGBT2 couplés mais non alimentés
0	1	0	Fonctionnement uniquement sur le TGBT2
0	1	1	Fonctionnement de l'ensemble de l'installation sur le Transformateur T2
1	0	0	Fonctionnement uniquement sur le TGBT1
1	0	1	Fonctionnement de l'ensemble de l'installation sur le Transformateur T1
1	1	0	Fonctionnement normal de l'installation
1	1	1	IMPOSSIBLE

En cas d'alimentation sur un seul transformateur suivre la procédure ci-dessous :

- Ouvrir le disjoncteur source du transformateur hors service et récupérer la clé prisonnière.
- Déplacer la clé sur l'interrupteur de couplage I1
- Fermer l'interrupteur de couplage I1.

A.2.3. **Donner** la valeur du courant nominal et la valeur du courant de court-circuit des transformateurs T1 et T2. **Donner** alors en vous justifiant, la référence des disjoncteurs D1 et D2.

D'après DRES1, pour des transformateurs de 2000kVA, les courants nominaux sont égaux à 2816A et les courants de courts-circuits sont égaux à 44 kA.

Le calibre du disjoncteur (ou courant assigné IN au sens de la NFC15-100) doit être supérieur ou égal au courant nominal du transformateur auquel il est associé. Dans notre cas nous devons choisir IN disjoncteur > 2816 A.

La référence NW32 présente un calibre de 3200A, c'est la valeur immédiatement supérieure à 2816A dans le tableau de choix des disjoncteurs de sources.

Le pouvoir de coupure du disjoncteur doit être supérieur au courant de court-circuit triphasé présumé IK3 à son point de raccordement, dans notre cas 44kA.

Pour la référence NW32 le pouvoir de coupure immédiatement supérieur à 44kA est 65kA, la référence pour cette valeur de ICu est H1.

La référence complète des disjoncteurs de sources est NW32H1.

A.2.4. **Donner** en vous justifiant, la référence de l'interrupteur I1.

L'interrupteur de couplage doit permettre le passage d'un courant de 2816A. La référence NW32 présente un calibre de 3200A, c'est la valeur immédiatement supérieure à 2816A dans le tableau de choix des interrupteurs.

Il doit pouvoir supporter pendant un court instant le courant de court-circuit au niveau du jeu de barres, c'est-à-dire 44kA. Pour la référence NW32 le courant maximum pendant un court instant immédiatement supérieur à 44kA est 55kA, la référence pour cette valeur de ICu est HA.

La référence complète de l'interrupteur est NW32HA.

*Vous décidez d'associer des unités de contrôles Micrologic 5.0.E aux disjoncteur D1 et D2. En vous aidant d'un outil logiciel approprié, vous établissez la courbe de déclenchement à régler pour ces disjoncteurs. Cette courbe est fournie par le document DTECXXX. Vous préparez les réglages des unités de contrôles.*

A.2.5. **Donner** en vous justifiant, les positions à donner aux commutateurs des réglages des seuils, Ir, I<sub>sd</sub>, I<sub>i</sub>.

Le seuil long retard Ir doit être réglé à 2820A et le calibre du disjoncteur est égal à 3200A. On a  $I_r = I_N \times \text{Réglage long time}$  donc  $\text{Réglage long time} = \frac{I_r}{I_N} = 0,88$ . On règlera le commutateur sur le cran 0,9.

Le seuil court retard doit être réglé à 6000A et le courant de réglage Ir = 3200\*0,9 = 2880A. On a  $I_{sd} = I_r \times \text{Réglage short time}$  donc  $\text{Réglage short time} = \frac{I_{sd}}{I_r} = 2,1$ . On règlera le commutateur sur le cran 2.

Le seuil instantané I<sub>i</sub>, doit être réglé à 19000A. On a  $I_i = I_n \times \text{Réglage instantané}$ , ce qui correspond à  $\text{Réglage instantané} = \frac{I_i}{I_N} = \frac{19000}{3200} = 5,9$ . On règlera le commutateur sur le cran 6.

A.2.6. **Donner** en vous justifiant, les positions à donner aux commutateurs des réglages des temporisations, tr, tsd.

On souhaite un déclenchement en 300s pour un courant de 4230A. Cette valeur correspond à  $4230/2820 = 1,5$  Ir. Un retard au déclenchement de 300s à 1,5Ir correspond à une temporisation de 12s à 6Ir (voir tableau DRES5). On règlera le commutateur tr sur le cran 12.

Remarque : le tr est donné en référence à 6xIr.

La temporisation de déclenchement relative au seuil court retard doit être comprise entre 0,14s et 0,2s. On règlera le commutateur tsd sur le cran 0,2.

**PARTIE B. "Alimentation provisoire pour une capacité de production réduite"**

- B1. **Donner** en les justifiants, les coûts hors taxe (HT) relatifs au réemploi des cellules et des transformateurs de l'ancien site de production. **Consigner** vos résultats sous forme de tableau faisant apparaître la désignation, la quantité, le prix unitaire et le prix total.

Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Démontage des transformateurs et des cellules	$100/3 = 33$	50	1650
Installation des cellules et des transformateurs	$(3*10)+(2*35)=100$	50	5000
Chargement et déchargement	2	1000	2000
Transport	1	3000	3000
Révision	1	3500	3500
Remplacement des câbles	$(3*10m) + (3*6m) = 48$	20	960
Sertissage des têtes (de câbles) de raccordement	$6*2=12$	100	1200
Accessoires	1	1500	1500
		<b>TOTAL</b>	<b>18810</b>

- B2. **Calculer** en le justifiant, le coût total hors-taxe du poste de transformation HT/BT sur la base de l'offre commerciale.

Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Lot de cellules HT + accessoires	1	13050	13050
Transformateur 2000kVA 20kv/400V	2	18500	37000
Déchargement des transformateurs	1	1000	1000
		<b>TOTAL</b>	<b>51050</b>

- B3. **Rédiger** une note, bilan de votre travail, qui permettra à la direction de prendre une décision quant au réemploi ou non, des transformateurs existants.

La nouvelle alimentation du site nécessitera à terme une puissance d'alimentation de 4000kVA pour une production de 2500 tonnes/an. L'offre commerciale reçue s'élève à 51050€ hors taxe pour le poste de transformation HT/BT. Cette somme est détaillée dans le document joint (tableau de la question B2), elle représente approximativement le double du budget prévu. Cette solution ne peut pas être envisagée dans l'immédiat car elle entraîne un surcoût de bien plus de 20 % du budget prévu.

Dans un premier temps, la production ne sera que de 1600 tonnes/an et les transformateurs existants (2x1250kVA) sur l'ancien site seraient suffisants. Le coût total

pour réemployer ces transformateurs est estimé à 18810 € hors taxe. Cette somme est détaillée dans le document joint (tableau de la question B1), elle n'excède pas le budget de 25000€. Cette solution peut être envisagée pour limiter l'investissement dans l'immédiat.

En conclusion, pour les raisons évoquées ci-dessus, je préconise le réemploi des cellules et des transformateurs existants.

## PARTIE C. "Production du froid primaire"

### C1. Choix des moteurs et des variateurs

#### C.1.1 Justifier la référence choisie pour les moteurs d'entraînement des compresseurs à vis.

Le document DTEC4 précise que la puissance moteur développée pour entraîner la vis de compression est égale à 148kW, et que la fréquence de rotation est de 3500 tr/min.

Nous choisissons une puissance immédiatement supérieure à 148kW, nous retenons un moteur de puissance nominale 160kW. La référence commerciale du moteur est DOR315L1-02-2G.

La vitesse de rotation nominale du moteur est de 2975 tr/min à 50Hz, ce qui permet d'atteindre une vitesse de 3570 tr/min à 60Hz (avec le variateur). La vitesse nominale du moteur est bien compatible avec les besoins du compresseur, 3500tr/min.

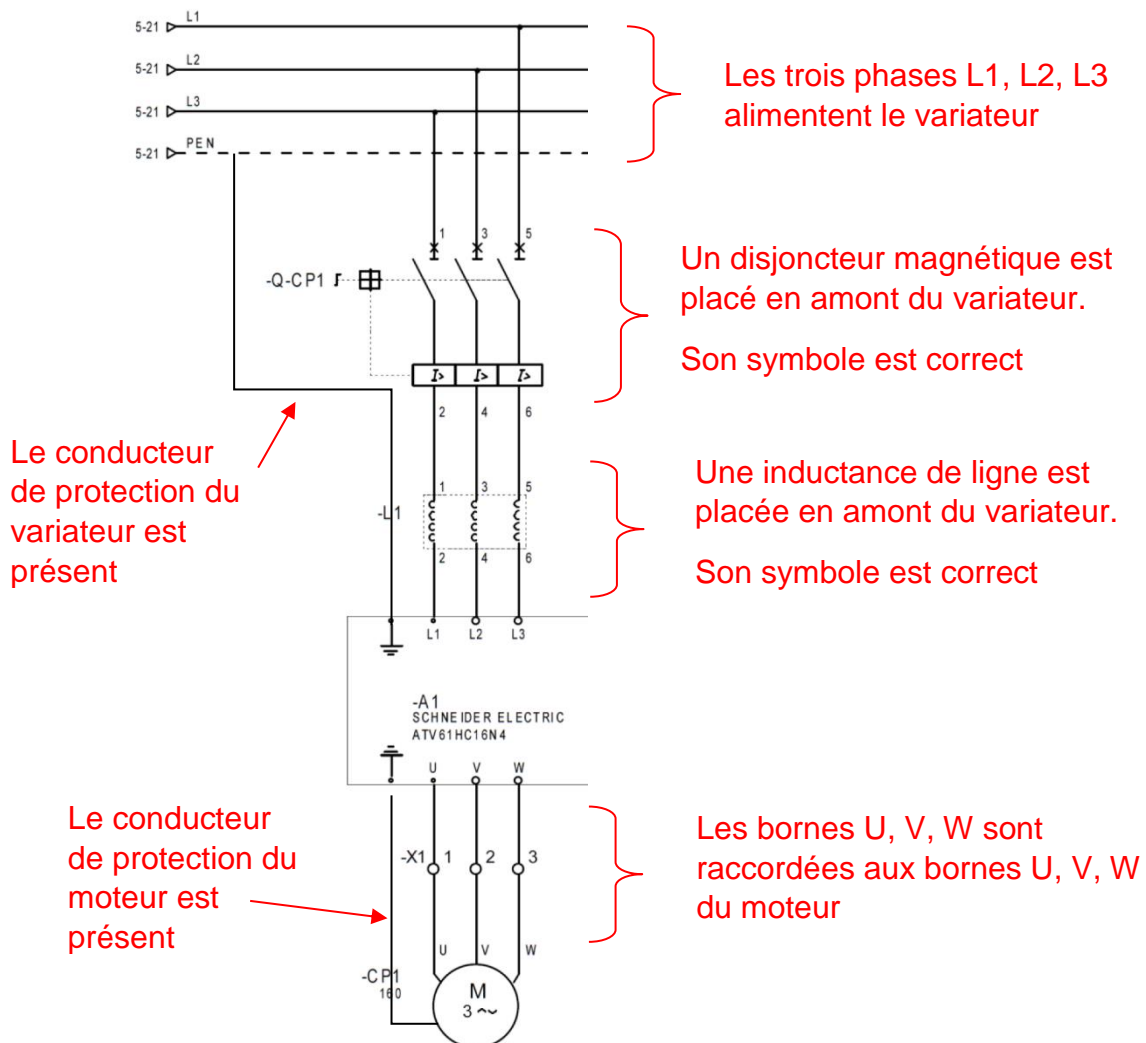
#### C.1.2 Donner en la justifiant, la référence des variateurs qui piloteront les moteurs.

Chaque variateur sera alimenté par un réseau 400V triphasé, et il pilotera un moteur développant une puissance de 160kW. Parmi les références proposées, seule la référence ATV61HC16N4 répond à ces deux contraintes. Il s'agit d'un variateur de la gamme Altivar 61 ce qui répond également aux attendus.

Afin d'obtenir un variateur sans filtre DC nous devons compléter la référence avec la lettre D. La référence complète du variateur est ATV61HC16N4D.

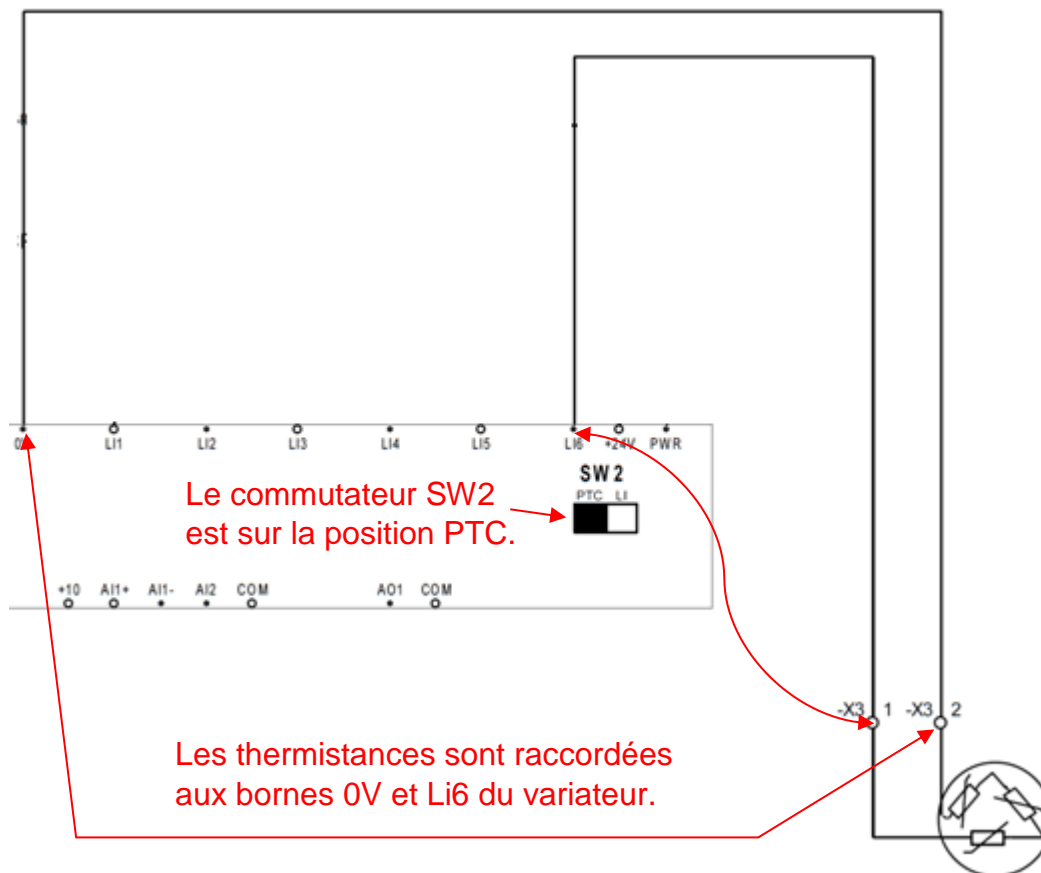
### C2. Réalisation des schémas de raccordement des variateurs

#### C.2.1 Réaliser le schéma de câblage des bornes de puissance du variateur de vitesse sur le document réponse DREP2.

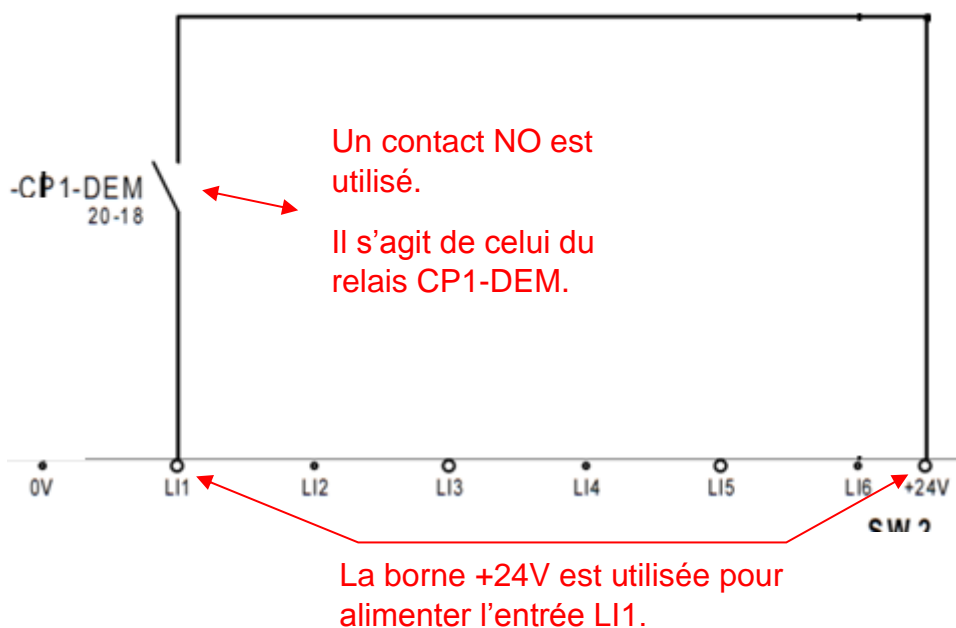




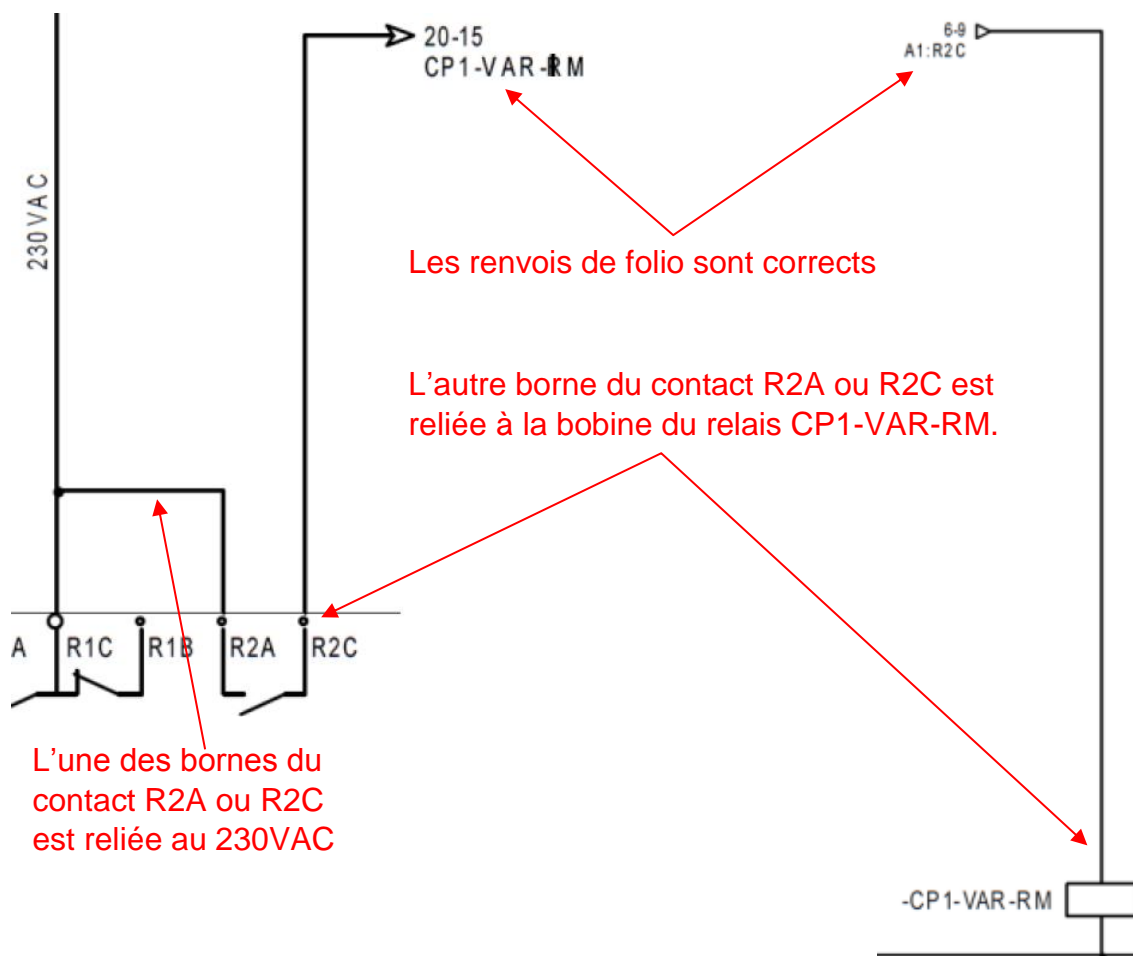
C.2.2 **Réaliser** le schéma de câblage des thermistances PTC sur le document réponse DREP2. **Préciser** la position à donner au commutateur SW2.



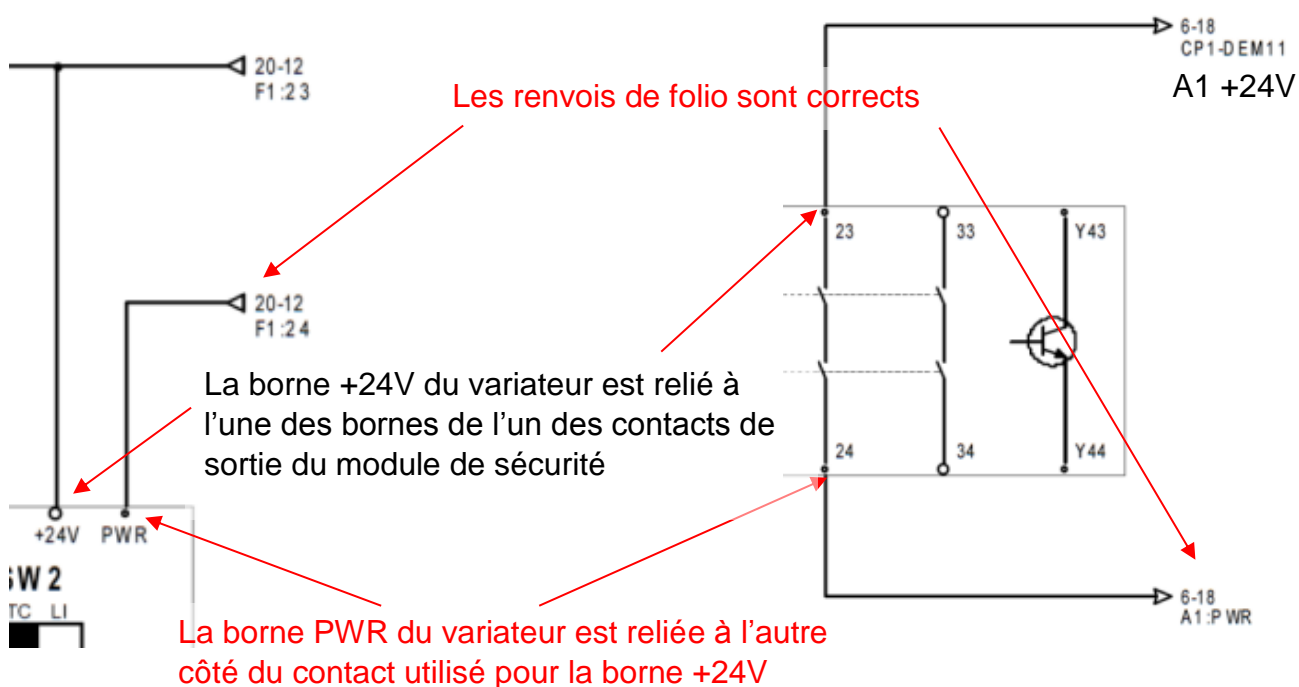
C.2.3 **Réaliser** le schéma de câblage de la borne de contrôle LI1.



C.2.4 **Réaliser** le schéma de câblage des bornes de contrôle R2A et R2C.



C.2.5 **Réaliser** le schéma de câblage de la borne de contrôle PWR du variateur sur les documents réponses DREP2 et DREP3.

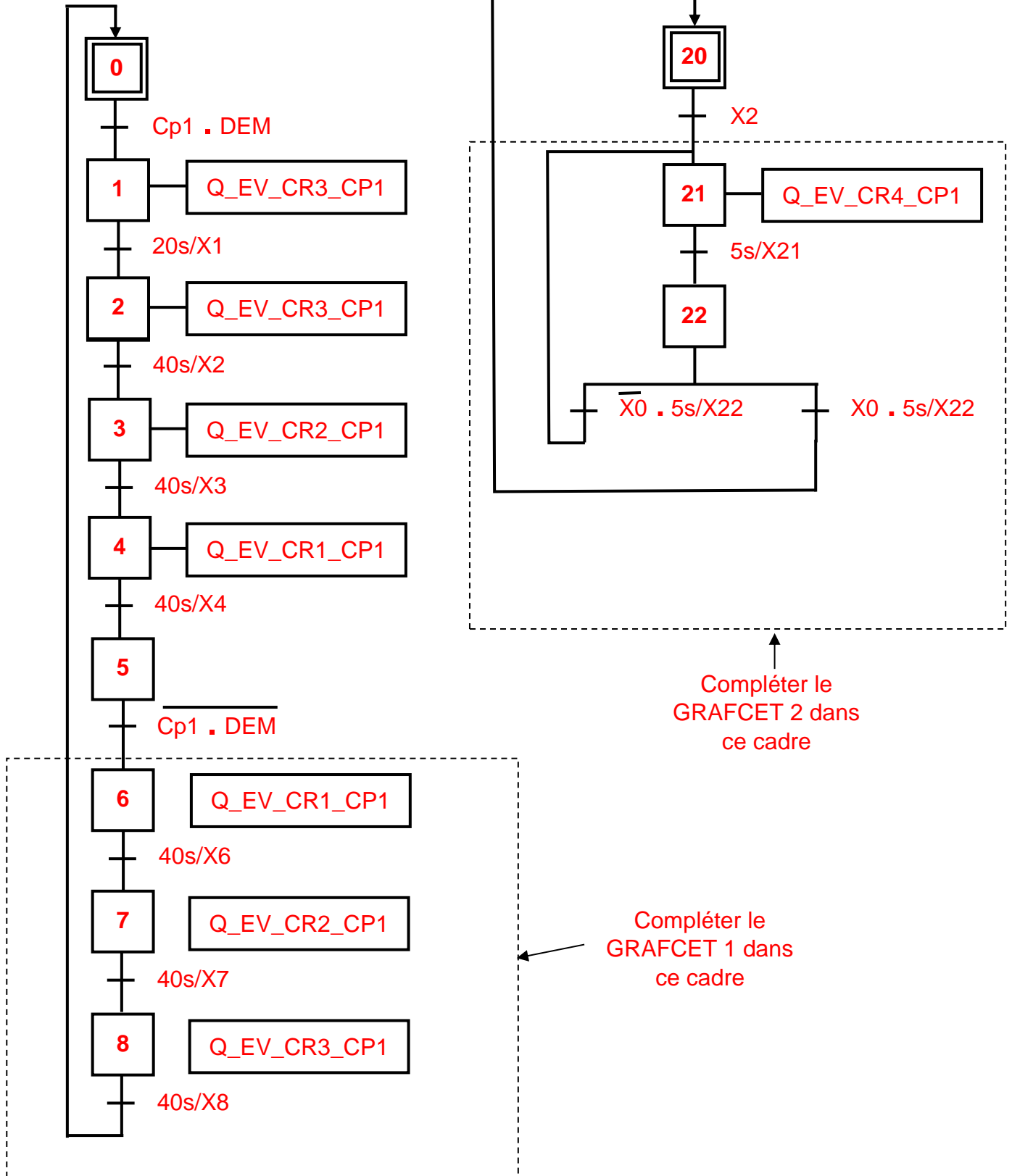


C3. Programmation de la montée et de la descente en puissance de la centrale NH3.

C.3.1 Compléter sur le document réponse DREP4, le GRAFCET1 correspondant au pilotage des électrovannes CR1 à CR3.

**GRAFCET 1**

**GRAFCET 2**



C.3.2 Compléter sur le document réponse DREP4, le GRAFCET2 correspondant au pilotage de l'électrovanne CR4.

Réponse ci-avant

## PARTIE D. "Motorisation de la nouvelle ligne de fabrication"

### D1. Choix des unités d'entraînements

D.1.1 **Donner** en vous justifiant, le rapport de réduction ( $i_{tot}$ ) à retenir pour chaque unité mécatronique Movigear.

La fréquence de rotation en sortie des unités Movigear pour une vitesse d'entraînement de 2000 tr/min doit être immédiatement supérieure à la fréquence de rotation maximale fournie dans le contexte de cette partie.

<i>Rep</i>	<i>Fréquence maximum</i>	<i>Fréquence de sortie pour 2000 tr/min en entrée</i>	<i>itot</i>
1020 -1030 - 1041 - 1051	9 tr/min	36,2 tr/min	55,25
1042 - 1043	72,3 tr/min	87,5 tr/min	22,86

Remarque : Le choix de l'option ECR est évalué à la question suivante

D.1.2 **Donner** les références des unités d'entraînements mécatroniques Movigear.

D.1.3 Gamme : Movigear → MG

Réducteur : réducteur à arbres parallèles → F

Exécution de l'arbre : Liaison TorqLOC → T

Type de montage du carter : entraînement avec bras de couple → T

Taille : Classe de couple 200Nm → 2

Type de moteur : DSM

Technologie d'installation MOVIGEAR : SNI pour le moto-réducteur 1041 et DSC pour les autres

Génération MOVIGEAR : B

Option MOVIGEAR : ECR Plage étendue car la fréquence de sortie minimum recherchée est de  $1 \text{ min}^{-1}$  ( $< 3,6 \text{ min}^{-1}$ )

Moteur repère 1041 : référence MGFTT2-DSM-SNI-B/ECR

Moteurs repères 1020, 1030, 1042, 1043 et 1051 : référence MGFTT2-DSM-DSC-B/ECR. Il sera accepté sans ECR pour 1042 et 1043

### D2. Configuration de réglage du moto-variateur Rep1043.

D.2.1 **Donner** l'état (ON ou OFF) des 8 interrupteurs notés S1/1, S1/2, S1/3, S1/4, S2/1, S2/2, S2/3, S2/4 du moto-variateur Rep1043. **En déduire** l'adresse de son étage de puissance.

Le moto-variateur Rep 1043 possède l'adresse 35.

Nous avons plus de 4 actionneurs, le mode d'adressage 2 est obligatoire : S2/4=ON

Pour obtenir l'adresse 35 (niveau commande) :

S1/1=ON, S1/2=ON, S1/3=OFF, S1/4=OFF, S2/1=OFF (voir DRES8)

Vitesse la plus élevée : S2/3 = ON (voir contraintes)  
Pilotage local des entrées : S2/2=ON (voir contraintes)



L'adresse de l'étage de puissance est 4.

D.2.2 **Donner** l'état (ON ou OFF) de l'interrupteur S3 des unités 1020, 1043 et 1051.

Le moto-variateur 1051 est le dernier raccordé (voir DTEC7) donc la résistance de terminaison de bus doit être en place. Dans ce cas l'interrupteur S3 est en position ON.

Le bus SBus est acheminé par les moto-variateurs 1020 et 1043 (voir DTEC7) donc leurs résistances de terminaison de bus ne doivent pas être utilisées. Dans ce cas leurs interrupteurs S3 sont en positions OFF.