

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

ENJEU A

Problème technique A1 : Débit horaire de fusion

A1.1 : La quantité de métal présent dans le creuset est de 38 tonnes, par conséquent la quantité d'énergie nécessaire pour élever de 100°C une tonne de métal est égale à :

$$W = \frac{8,25 * 38}{0,183 * 38 - 1} = 52,65 \text{ kWh}$$

Par conséquent pour élever 3,2t de 20°C à 1480°C il faut 2460 kWh

A1.2 : On peut écrire les deux équations suivantes :

$$\begin{cases} \text{Energie absorbée à la bobine} / 0,94 = \text{Puissance absorbée à la bobine} * \text{temps de fusion} \\ \text{Débit horaire de fusion} = 3,2 / \text{temps du cycle de fusion} \end{cases}$$

Il vient :

$$D_{\text{horaire}} = \frac{3,2}{\frac{2460}{0,94 \times P_{\text{bobine}}} + 0,048}$$

P_{bobine} : puissance absorbée à la bobine (kW)
 D_{horaire} : débit horaire de fusion (t/h)

A1.3 :

- La tension maximum en sortie du régulateur d'induction est égale à $3070 + 250 = 3320\text{V}$.
- On relève graphiquement que pour un four alimenté sous 3320V et possédant un diamètre interne de creuset égal à 1650 mm, la puissance absorbée à la bobine est de 12000 kW.

A1.4 :

- La puissance apparente absorbée dans ce cas est égale à 75950 VA
- L'intensité du courant absorbé dans ce cas par la bobine est égale à 22876A
- La puissance active est compatible avec la valeur maximum du courant que peut absorber la bobine car le courant absorbé par la bobine est inférieur à 28000A

$$\text{A1.5 : } D_{\text{horaire}} = \frac{3,2}{\frac{2460}{0,94 \times P_{\text{bobine}}} + 0,048} = 12,03 \text{ T/h}$$

A1.6 : Il n'est pas nécessaire d'implanter un quatrième four puisqu'il est possible de porter le débit horaire de fusion d'un four de 11 T/h à 12,03 T/h.

Problème technique A2 : Contribution à la compensation du facteur de puissance global de l'usine

A2.1 : La puissance apparente du transformateur est de 14020 kVA et la puissance active absorbée par le four est égale à 12000 kW, par conséquent : $Q_{90kV} = (14020^2 - 12000^2) = 7250 \text{ kVAr}$

A2.2 : La puissance réactive absorbée par le four est égale à $Q_{\text{four}} = 12000 * \tan(82,1^\circ) = 86480 \text{ kVAr}$.

A2.3 : La puissance délivrée par la batterie de condensateurs est de : $Q_{\text{condo}} = 86480 + 7250 = 93730 \text{ kVAr}$.

A2.4 : On relève graphiquement que pour un four possédant un diamètre interne de creuset égal à 1690 mm, il faut l'alimenter sous 3000 V pour que la puissance absorbée à la bobine soit de 12000 kW.

A2.5 : $Q_{\text{TALON}} = 43319 * (3000^2 / 2920^2) = 45725 \text{ kVAr}$ et $Q_{\text{ECHELON}} = 703,6 \text{ kVAr}$.

A2.6 : Le nombre d'échelons est égal à $[(93730 - 45725) / 703,6] - 57 \# 12$

Problème technique A3 : Capacité du dispositif d'approvisionnement

A3.1 : Charge utile $m_u = 8000 - 4750 - 150 - 100 = 3000 \text{ kg}$

A3.2 : Nombre de cycle par heure : performance = 36 T/h

$$\text{nb de cycles} = \frac{36000}{3000} = 12 \text{ cycles par heure}$$

A3.3 : Durée maximale admissible = $\frac{1}{12} = 5 \text{ min}$

mais le pont roulant assure deux fonctions à temps équivalent, donc
durée max = 2,5 min

A3.4 : Durée translation $t_T = \frac{60/2 \text{ m}}{90 \text{ m/min}} = 0,333 \text{ min}$

A3.5 : Durée direction $t_D = \frac{24,2/2 \text{ m}}{60 \text{ m/min}} = 0,202 \text{ min}$

A3.6 : Durée levage $t_L = \frac{10 \text{ m}}{0,375 \text{ m/s}} = 26,6 \text{ s} = 0,444 \text{ min}$

A3.7 : Durée d'un cycle : comme les mouvements de direction et de translation sont simultanés, on ne garde que la durée la plus longue, soit :

$$t_{\text{Cycle}} = 4 * t_L + 2 * t_T = 2,44 \text{ min}$$

A3.8 : Compte tenu des performances actuelles du pont roulant, on constate que la durée d'un cycle effectif (2,44 min) est inférieure à la durée maximale admissible (2,50 min) imposée par la nouvelle performance de production. La capacité de 36T/h pourra donc être assurée.

Problème technique A4 : Rénovation de la motorisation - choix du moteur

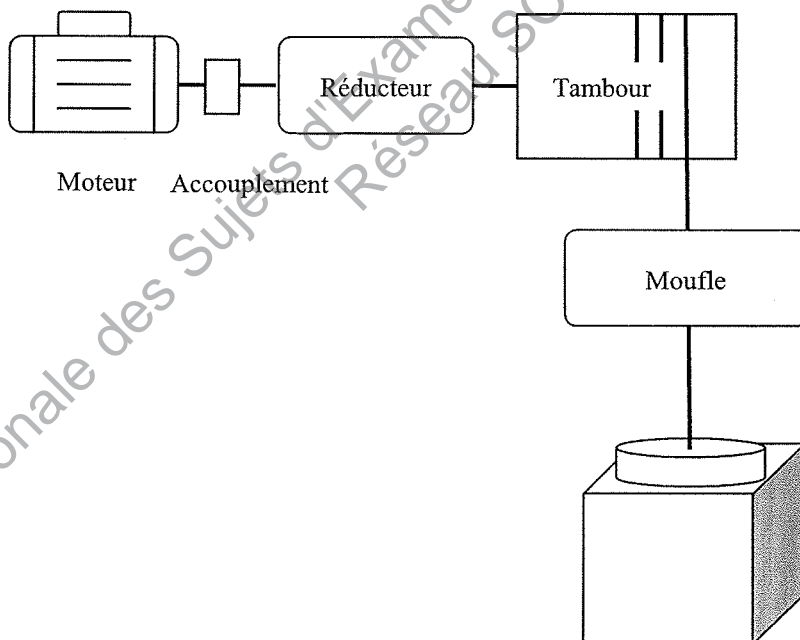
A4.1 : La capacité d'attraction de l'électro-aimant est de 37500 N. On isole la charge et on applique le principe fondamental de la dynamique pour un système en translation :

$$m \cdot a_{tMAX} = \sum \vec{F}_{forces} = \vec{F}_{attraction} - \vec{F}_{poids} = 37500 - 3000 \cdot 9,81 = 8070 \text{ N}$$

$$\text{soit, } a_{tMAX} = 2,69 \text{ m/s}^2$$

On retient $a_t = 15\% a_{tMAX} = 0,40 \text{ m/s}^2$ ce qui correspond à un temps d'accélération de 1 s.

A4.2 : Représentation de la chaîne cinématique (système fictif équivalent)



A4.3 : Vitesse maximale du moteur de levage

$$v_{Tambour} = 2 \times 0,375 = 0,75 \text{ m/s}$$

$$\Omega_{moteur} = 63 \times \frac{2 \times v_{charge}}{0,6/2} = 157,5 \text{ rad/s}$$

$$n_{Moteur} = 1504 \text{ tr/min}$$

A4.4 : Profil de vitesse : cf page suivante

A4.5 :

a. Puissance mécanique :

i. à vide (5000 kg) : $P_{m0} = \vec{F} \cdot \vec{v} = m \cdot g \cdot v = 5000 \cdot 9,81 \cdot 0,375 = 18394 \text{ W}$

ii. en charge (8000 kg) $P_m = \vec{F} \cdot \vec{v} = m \cdot g \cdot v = 8000 \cdot 9,81 \cdot 0,375 = 29430 \text{ W}$

b. Puissance utile moteur :

i. à vide : $P_{u0} = \frac{P_{m0}}{\eta_{red} \cdot \eta_T} = 25547 \text{ W}$

ii. en charge : $P_u = \frac{P_m}{\eta_{red} \cdot \eta_T} = 40875 \text{ W}$

A4.6 : Couple résistant

a. à vide : $C_{res0} = \frac{P_{u0}}{\Omega_m} = 162 \text{ Nm}$

b. en charge : $C_{res} = \frac{P_u}{\Omega_m} = 260 \text{ Nm}$

A4.7 : Énergies cinétiques :

a. des masses transportées :

i. à vide $Ec_{C0} = \frac{1}{2} m_0 v^2 = \frac{1}{2} * 5000 * 0,375^2 = 351,6 \text{ J}$

ii. en charge $Ec_C = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} * 8000 * 0,375^2 = 562,5 \text{ J}$

b. du tambour : $Ec_T = \frac{1}{2} J_T \Omega_T^2 = \frac{1}{2} * 40 * 2,5^2 = 125 \text{ J}$

c. de l'ensemble : $Ec_E = \frac{1}{2} (J_{acc} + J_{red} + J_{mot} + J_{frein}) \Omega_m^2 = 11162,8 \text{ J}$

d. totale

i. à vide $Ec_{0Totale} = 11639 \text{ J}$

ii. en charge $Ec_{Totale} = 11850 \text{ J}$

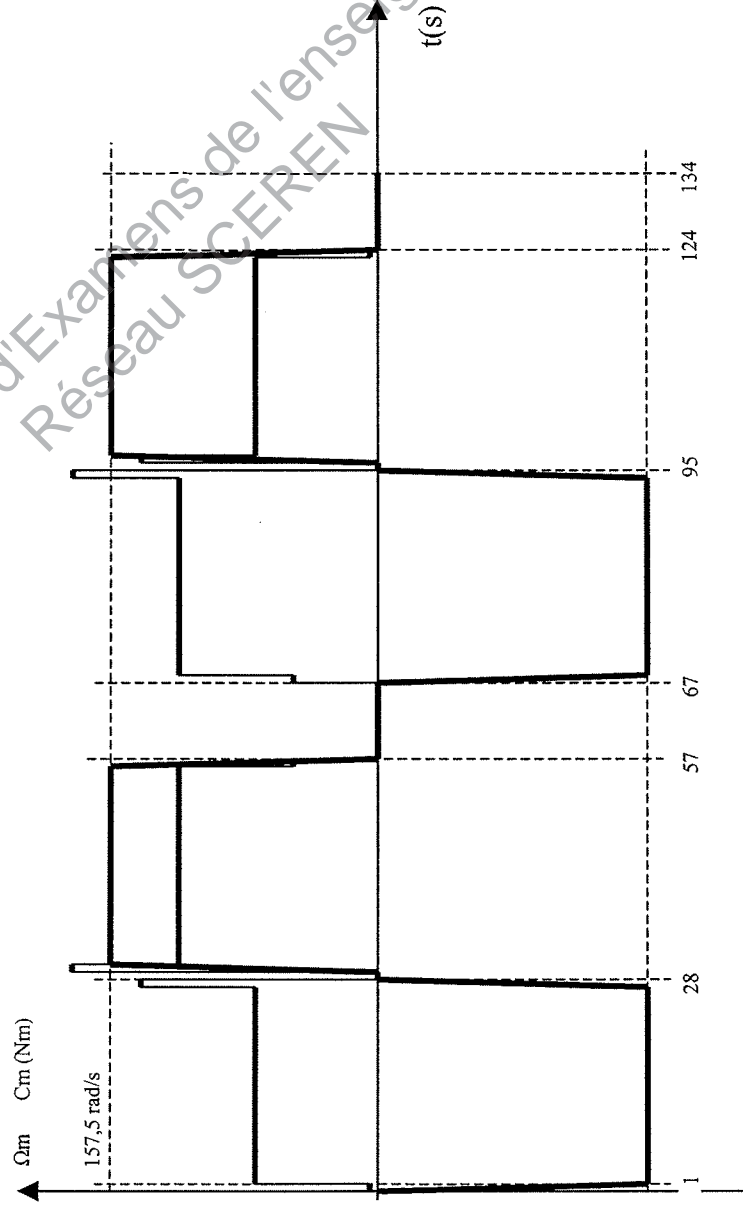
A4.8 : Moment d'inertie équivalent sur l'arbre moteur :

a. à vide $Ec_{0Totale} = \frac{1}{2} J_{T0} \Omega_m^2 \Rightarrow J_{T0} = 0,938 \text{ kg.m}^2$

b. en charge $Ec_{Totale} = \frac{1}{2} J_T \Omega_m^2 \Rightarrow J_T = 0,955 \text{ kg.m}^2$

A4.9 : Étude dynamique

Phases	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
t (s)	0..1	1..27	27..28	28..29	29..30	30..56	56..57	57..67	67..68	68..94	94..95	95..96	96..97	97..123	123..124	124..134
dt (s)	1	26	1	1	1	26	1	10	1	26	1	1	1	26	1	10
dΩm/dt	-157,5	0	157,5	0	157,5	0	-157,5	0	-157,5	0	157,5	0	157,5	0	-157,5	0
Jtotal (kg.m²)	0,95	0,95	0,95		0,95	0,95	0,95		0,95	0,95	0,95		0,95	0,95		
charge (kg)	5000	5000	5000	FREIN	8000	8000	8000	FREIN	8000	8000	8000	FREIN	5000	5000	5000	FREIN
Cres (Nm)	160	160	160	FREIN	260	260	260	FREIN	260	260	260	FREIN	160	160	160	FREIN
Cm (Nm)	10,375	160	309,625	0	409,625	260	110,375	0	110,375	260	409,625	0	309,625	160	10,375	0



A4.10 : Critères de choix du moteur

Application :

Couple maxi = 410 Nm (phases 5 et 11)

Couple moyen thermique équivalent = 200 Nm

Le moteur LSMV225 présente un couple impulsionnel de 871,05 Nm qui est supérieur au couple maxi demandé par l'application. Le moteur choisi convient du point de vu fonctionnement impulsionnel ; les accélérations demandées par le profil de vitesse pourront être obtenues.

Le couple nominal du moteur est de 290,35 Nm alors que l'application impose une contrainte thermique équivalente à un couple de 200 Nm ; le moteur convient du point de vue thermique.

Le remplacement de la machine existante par le moteur de référence LSMV225 peut être réalisé sans aucune modification des supports mécaniques puisque la hauteur d'axe a été conservée.

Problème technique A5 : Rénovation de la motorisation du treuil de levage du pont - choix de la commande de puissance

A5.1 :

Phases	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
T_i (s)	1	26	1	1	1	26	1	10	1	26	1	1	1	26	1	10
I_i (A)	46,4	59,9	86,9	0	108	77,3	53,2	0	53,2	77,3	108	0	86,9	59,9	46,4	0
I_i^2	2153	3588	7552	0	11664	5975	2830	0	2830	5975	11664	0	7552	3588	2153	0
$I_i^2 * T_i$	2153	$\frac{9328}{8}$	7552	0	11664	155357	2830	0	2830	155357	11664	0	7552	93288	2153	0

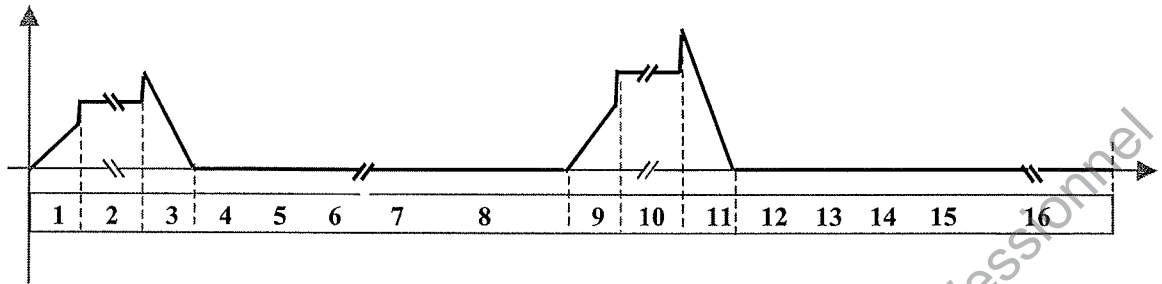
$$I_{th} = \sqrt{\frac{545690}{134}}$$

$$I_{th} = 63,8 \text{ A}$$

A5.2 : Il n'est pas nécessaire de déclasser le variateur, car :

- quelque soit la fréquence de découpage sélectionnée, I_{th} est toujours inférieure à l'intensité nominale permanente admissible (70 A au minimum à 9 kHz).
- l'intensité maximum délivrée par le variateur (108 A pendant 1s) est inférieure à l'intensité de surcharge admissible pendant 60 s par le variateur (143 A)

A5.3 : La puissance dissipée par la résistance de freinage à l'allure suivante :



A5.4 :

- la puissance maximum dissipée par la résistance est de 64,3 kW
- la puissance moyenne dissipée sur un cycle se calcule comme suit :

$$P_{moy} = \left(\frac{1}{134}\right) * \left[\left(\frac{1*1,6}{2}\right) + (26*25,1) + \left(\frac{1*48,6}{2}\right) + \left(\frac{1*17,3}{2}\right) + (26*40,6) + \left(\frac{1*64,3}{2}\right) \right]$$

$$P_{moy} = 13,2 \text{ kW}$$

A5.5 : Le calibre 22500T convient. En effet :

- $P_{crête} = 103680 \text{ W} > P_{max} = 64300 \text{ W}$
- $P_{thermique} = 22500 \text{ W} > P_{moy} = 13200 \text{ W}$
- valeur ohmique = $5 \Omega = R_{min}$

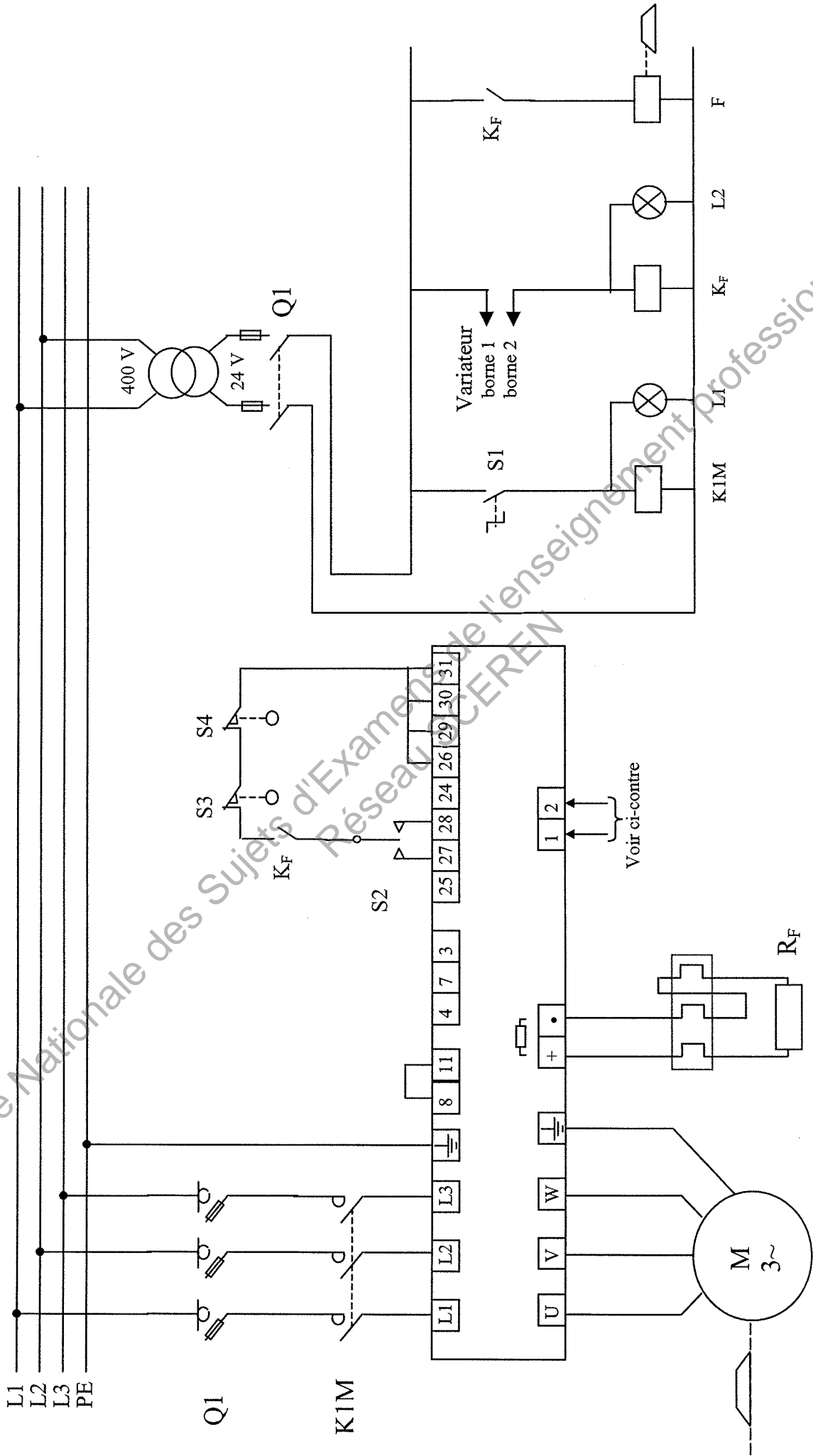
Problème technique A6 : Rénovation de la motorisation du treuil de levage du pont – mise en œuvre

A6.1 : Voir page suivante

A6.2 : Les modifications à apporter sont les suivantes :

Paramètre	Réglages usines	Réglage
0.03	5.0 s	2.0 s
0.04	10.0 s	2.0 s
0.05	0	3
0.15	Stnd Ct	FAST

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement Professionnel
 Réseau CEREN



ENJEU B

Problème technique B1- Extraction des fumées

B1.1 : Catégorie d'emploi des contacteurs : AC3

B1.2 : Courant d'emploi contacteur LC1-F185 : $I_e = 185 \text{ A}$. Le courant circulant à travers K1M et K3M est égal à $\frac{300}{\sqrt{3}} = 173.2 \text{ A}$. Les contacteurs sont donc bien dimensionnés.

B1.3 : pouvoir assigné de coupure $I_{cd} = 8 \times I_e = 1080 \text{ A}$

B1.4 : Relais thermique F2 : LR9-F5571 : zone de réglage 132A .. 220A :

- Le courant 173.2A est compris dans cette plage.
- On réglera le relais thermique à la valeur de 175A.

B1.5 : Classe de déclenchement du relais thermique : 20. Le temps de déclenchement maximum en fonction de la valeur de réglage : 20s

B1.6 : La coordination de type 2 ne sera pas vérifiée car on peut remarquer sur le document réponse page suivante que :

- la valeur I_{cd} est inférieure à l'intersection I_{co}
- La courbe temps courant du contacteur n'est pas toujours au dessus de celle du relais thermique

B1.7 : Cela implique qu'en condition de court-circuit le démarreur ne pourra plus fonctionner sans réparation ou changement de matériel. Dans ces conditions, la continuité de service n'est pas garantie et le dispositif d'extraction des fumées devra être stoppé pour réparation. Le départ moteur nécessite donc une rénovation qui garantisse une coordination de type « 2 ».

B1.8 : Coordination de type « 2 » pour un démarreur étoile triangle

- $P = 160 \text{ kW} \rightarrow I_e = 285 \text{ A}$
- Contacteurs 3 x LC1-F330

B1.9 : Pouvoir assigné de coupure des contacteurs $I_e = 330 \text{ A}$ et $I_{cd} = 8 \times I_e = 2640 \text{ A}$

B1.10 : Fusibles T2 – 315A

B1.11 : Relais thermique LR9-F7375 (200 .. 330A ; classe 10).

B1.12 : Valeur de réglage 300A

B1.13 : Modification du schéma électrique. Le relais thermique doit être inséré dans le circuit où circule le courant en ligne de 300A.

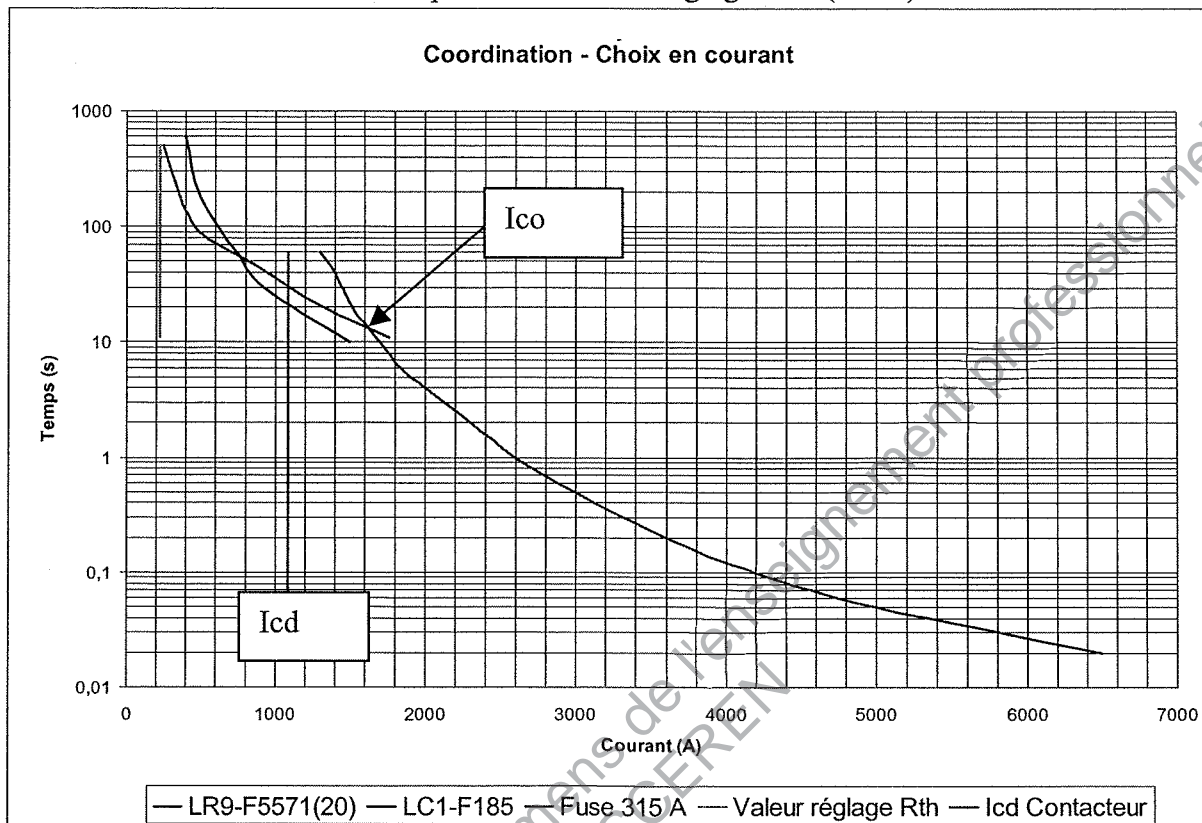
B1.14 : On remarque sur le document réponse page suivante que :

- $I_{cd} > I_{co}$
- courbe t/I du relais de surcharge en dessous de celle des fusibles jusqu'à I_{co}
- courbe t/I des contacteurs est toujours au dessus de celle du relais de surcharge

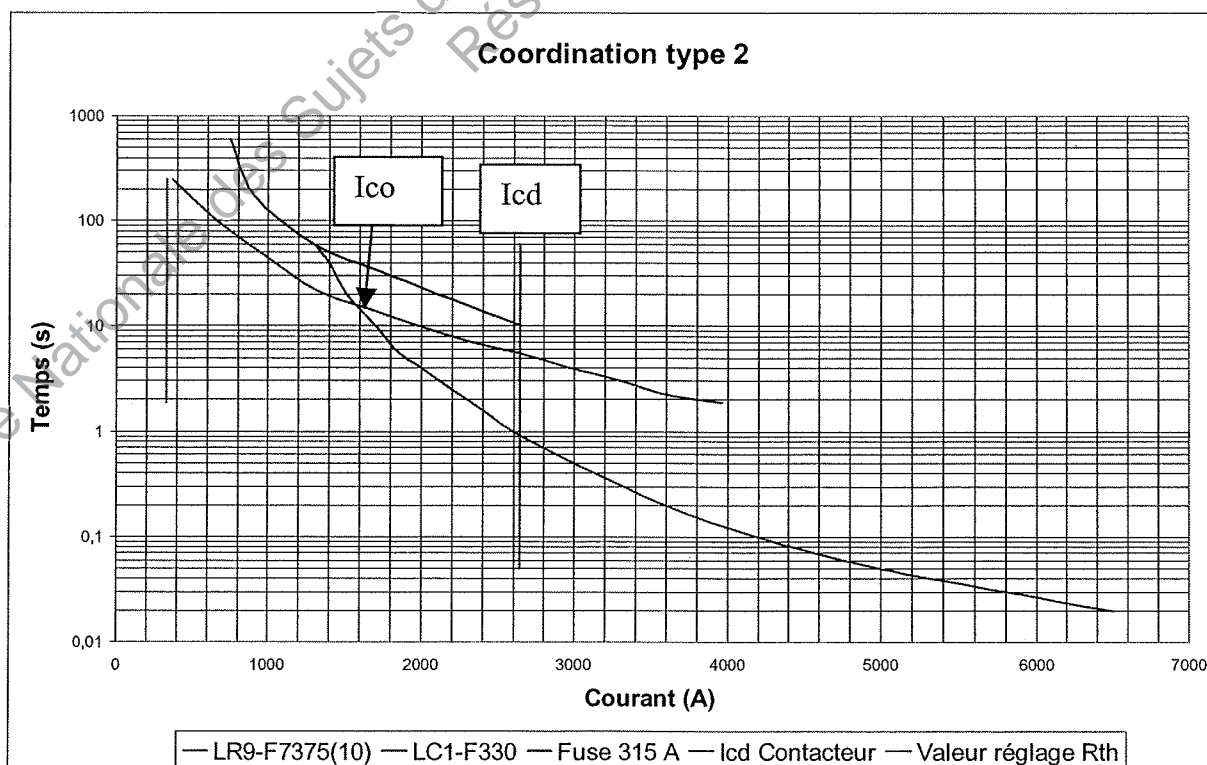
la coordination de type « 2 » est bien respectée

B1.15 : La coordination de type « 2 » garantie une reprise du fonctionnement du démarreur après un court-circuit. Seul le risque de soudure des contacts est admis.

Document réponse
 La courbe de Rth doit être tracée pour sa valeur de réglage max (220A)



Document réponse



Problème technique B2 : Lancement du cycle de décolmatage

B2.1 :

- Le réglage du point de commutation pour le capteur type 652 s'effectue par modification du contenu du mot interne %M168 de l'automate.
- Le réglage du seuil de déclenchement pour le capteur type 738 nécessite l'intervention d'un technicien : il faut agir sur la vis de réglage du point de commutation du capteur.

B2.2 : Il faut choisir le capteur type 5014 (transmetteur 4-20 mA), car cette solution est plus souple du point de vue de la conduite de l'ensemble de traitement des fumées : il peut être envisagé que le réglage du seuil soit effectué par l'opérateur pilotant le four via la supervision.

B2.3 :

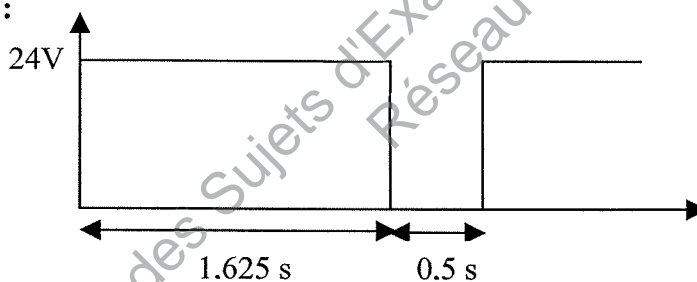
- Echelle de mesure = $100\text{mbar} - 60\text{mbar} = 40\text{mbar}$
- Erreur maximum = $\pm 1\text{mbar} = \pm 2,5\%$ de l'échelle de mesure

B2.4 : Oui car elle est meilleure que $\pm 2,5\%$ de l'échelle de mesure :

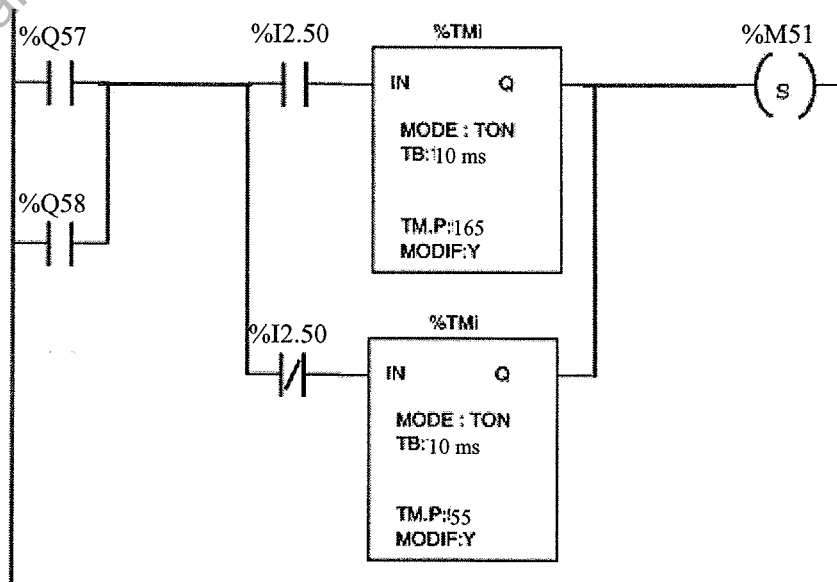
- Précision TSX AEY 414 = $+0,45\%$ échelle mesure
- Précision capteur = $\pm 1,6\%$ de l'échelle de mesure
- Précision chaîne d'acquisition = $+2,05\%$, $-1,6\%$

Problème technique B3 : Gestion d'une alarme

B3.1 :



B3.2 :



Problème technique B4 : Évacuation des fines

B4.1- Deux solutions sont possibles pour faire varier la vitesse

- à l'aide d'une entrée analogique
- à l'aide de contacts secs et une configuration en vitesse prérégées

B4.2-

Entrée analogique : pilotage de la vitesse par un signal analogique généré par l'automate

Vitesses prérégées : signaux TOR

B4.3- Dans le cas d'une variation de vitesse par entrée analogique, il faut ajouter un module de sortie analogique à l'automate et utiliser deux sorties TOR pour la marche avant et la marche arrière.

Dans le cas des vitesses prérégées : 4 sorties automates TOR suffisent.

B4.4- Vitesses prérégées SR(29)=1

EVP1 (24)	EVP2(26)	vitesse (BF) / fréquence (BO)
0	0	VP1 / f1
1	0	VP2 / f2
0	1	VP3 / f3
1	1	VP4 / f4

4 sorties automates reliées aux bornes 24, 26, 27 et 28 du variateur.

B4.5- Sélection des vitesses

Borne (27) : Avance

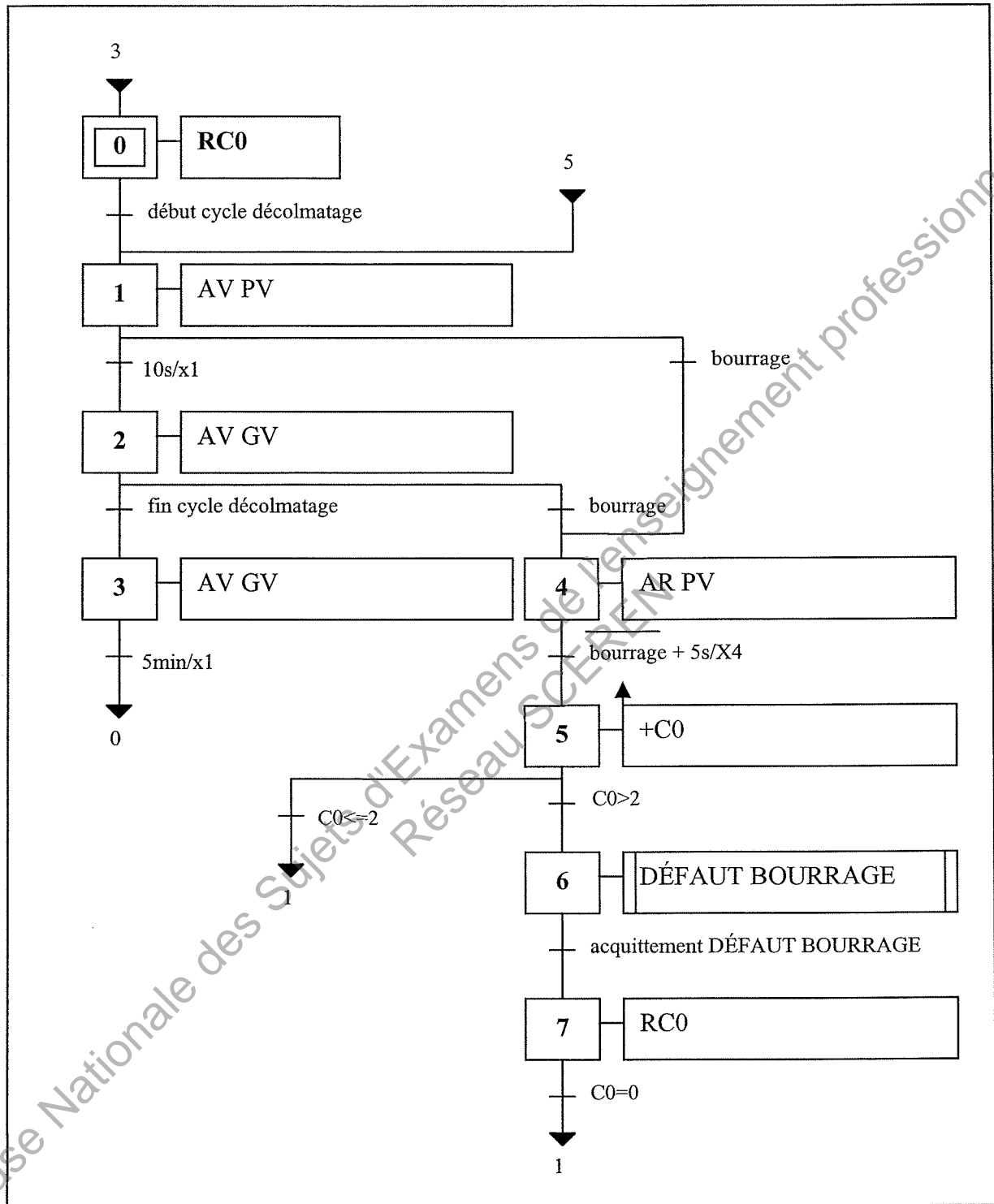
Borne (28) : Arrière

Borne (24) : petite vitesse

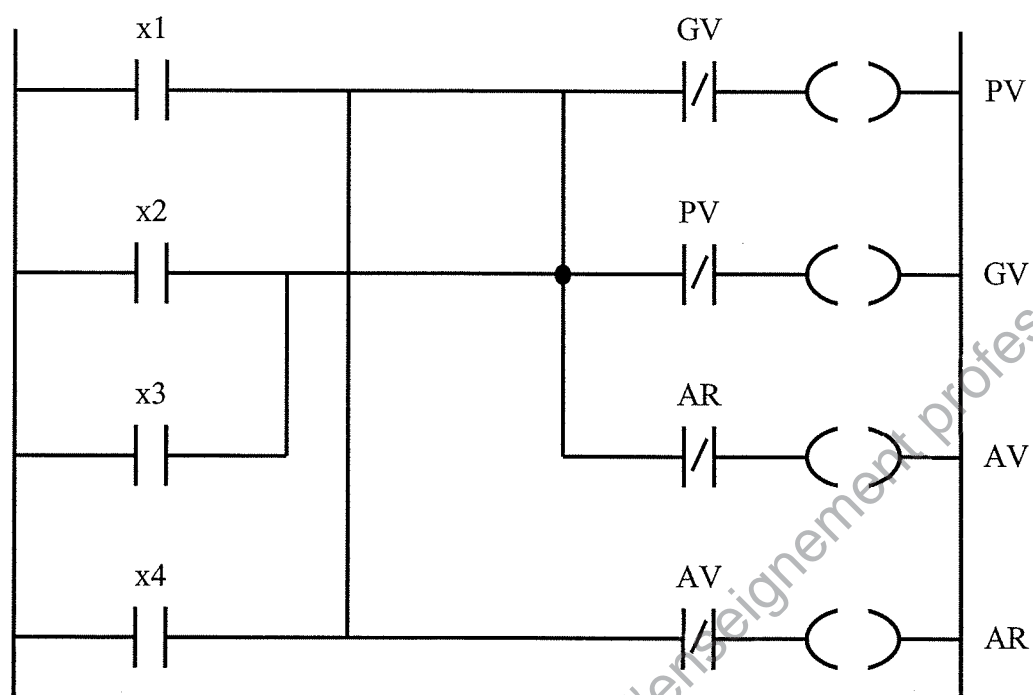
Borne (26) : grande vitesse

	Entrées variateur actives	
Avance petite vitesse	27	24
Avance grande vitesse	27	26
Arrière petite vitesse	28	24

B4.6 - GRAFCET du mouvement de la vis d'évacuation des fines



B4.7 Pilotage des sorties automatés



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN