

PARTIE A

DISTRIBUTION ELECTRIQUE

A.1 - CONFORMITE DE L'INSTALLATION BASSE TENSION

A.1.01 - Déterminer le calibre des disjoncteurs Q2, Q3, Q4, Q5.

Presse : $I_{b2} = S / U \sqrt{3}$ AN : $I_{b2} = 225000 / 400 \sqrt{3}$ $I_{b2} = 324,8$ A
Manutention : $I_{b3} = 75000 / 400 \sqrt{3}$ $I_{b3} = 108,3$ A
Centrale à béton : $I_{b4} = 80000 / 400 \sqrt{3}$ $I_{b4} = 115,5$ A
 $I_{b5} = 125$ A

	Q2	Q3	Q4	Q5
Calibre des disjoncteurs :	400 A	160 A	160 A	160 A

A.1.02 - Calculer le courant d'emploi lb_0 sachant que :

$$\vec{I_{b0}} = \vec{I_{b1}} + \vec{I_{b5}}$$

$$I_{b0} = \sqrt{(I_{b1} \cos \varphi_1 + I_{b5} \cos \varphi_5)^2 + (I_{b1} \sin \varphi_1 + I_{b5} \sin \varphi_5)^2}$$

$$I_{b0} = \sqrt{(603 \times 0,82 + 125 \times 0,9)^2 + (603 \times 0,57 + 125 \times 0,436)^2}$$

$$\underline{\underline{I_{b0} = 726 \text{ A}}}$$

$$\underline{\underline{\tan \varphi_0 = 0,656}} \quad \underline{\underline{\cos \varphi_0 = 0,836}}$$

A.1.03 - Avec extension : $I_{b0'} = 726 \times 1,15$ **$I_{b0'} = 835 \text{ A}$**

A.1.04 - Déterminer la puissance normalisée du transformateur HT / BT

$$S = UI\sqrt{3} \quad \text{AN : } S = 410 \times 835 \times \sqrt{3} \quad S = 593 \text{ kVA} \quad \underline{\underline{S_n = 630 \text{ kVA}}}$$

calcul de I_{2n} du transformateur : $S = UI_{2n} \sqrt{3}$ AN : $I_{2n} = 630000 / 410 \sqrt{3}$ $I_{2n} = 887 \text{ A}$

- En déduire le calibre de Q0.

	Q0
Calibre du disjoncteur	1000 A

A.1.05 - Déterminer la section des câbles alimentant la presse à partir du T.G.B.T.

- déterminer la section des conducteurs de phase

U 1000 AR2V : câble aluminium, $I_{b2} = 324,8 \text{ A}$ $I_r = I_n = 400 \text{ A}$

Protection par disjoncteur : $I_z = I_n$

Lettre de sélection : F , $K1 = 1$, $K2 = 0,82$, $K3 = 0,91$ $K = K1 \times K2 \times K3$

Calcul de I'z : $I'z = Iz / K$ AN : $I'z = 400 / (1 \times 0,82 \times 0,91)$ $I'z = 536 \text{ A}$

Section du câble suivant tableau : 400 mm² (section > à 300 mm²)

solution : 2 câbles en parallèle

$K1 = 1, K2 = 0,77, K3 = 0,91 \quad I'z = 571 \text{ A},$
pour un câble : $I'z = 571 / 2, I'z = 285,5 \text{ A}$
Section du câble suivant tableau : 150 mm²

Section des conducteurs de phases : $2 \times 150 \text{ mm}^2$

- préciser la section minimum à utiliser pour le conducteur de neutre
Récepteur triphasé ($S_{ph} / 2$)

Section du conducteur neutre : $1 \times 150 \text{ mm}^2$

- préciser la section minimum à utiliser pour le conducteur de protection (S_{PE}).
Section du conducteur $S_{p0} = 95 \text{ mm}^2$,
 S_{pe} peut être limitée à S_{p0} donc 95 mm², on prendra ici $S_{ph} / 2$

Section du conducteur de protection $S_{pe} : 1 \times 150 \text{ mm}^2$

A.1.06 - Déterminer la chute de tension en pourcentage due aux câbles de liaison entre le transformateur et le jeu de barres du T.G.B.T.

Câbles aluminium, section : $4 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2$ par phase, longueur $50 + 5 = 55$ mètres

Etude pour un câble : $S = 240 \text{ mm}^2, L = 55 \text{ m}, I_b / \text{câble} : 835 / 4 = 208,75 \text{ A}$

$$AN : u = [(0,037 \times 55 \times 0,836 / 240) + (0,09 \times 10^{-3} \times 55 \times 0,548)] 208,75$$

$$u = 2,05 \text{ V}, \text{ en } \% \quad \Delta U = 100 \times 2,05 \times \sqrt{3} / 410 \quad \Delta U = 0,87 \%$$

En déduire la conformité ou non de cette installation sachant que la chute de tension du jeu de barres du TGBT au récepteur le plus éloigné est de 3,8 %.

Chute de tension totale : $\Delta U_t = 3,8 + 0,87 \quad \Delta U_t = 4,67 \%$

Le poste de transformation appartenant à l'usine, cette installation est conforme ($U < 6 \%$ pour l'éclairage et $< 8 \%$ pour autres types de circuits (force motrice)).

A.1.07 - Déterminer le courant de court-circuit noté : I_{ccT}

$$S = 630 \text{ kVA}, I_n = 887 \text{ A}, U_{cc} = 4 \% \quad I_{2cc} = I_{2n} / U_{cc}$$

$$AN : I_{2cc} = 887 \times 100 / 4 \quad \mathbf{I_{2cc} = 22,2 \text{ kA}}$$

A.1.08 - Rechercher le type des différents disjoncteurs (Q_0, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5) à utiliser ainsi que le type des déclencheurs

	Q0	Q2	Q3	Q4	Q5
I_n	1000 A	400 A	160 A	160 A	160 A
I_b	887 A	324,8 A	108,3 A	115,5 A	125 A
I_{cc} présumé	22,2 kA	< 22 kA		< 22 kA	
Types Disjoncteurs	C1001 N tétra	NS400 N tétra		NS160 N tétra	
Types Déclencheurs	STR 25 DE	STR 23SE		TM 125 D	

A.1.09 - Rechercher le niveau de sélectivité entre le disjoncteur (Q 0) équipant le tableau général (T.G.) et les disjoncteurs (Q2, Q3, Q4, Q5) équipant le tableau de distribution basse tension (T.G.B.T.).

niveau de sélectivité :

entre Q0 et Q2 : 10 kA entre Q0 et Q3 : 18 kA entre Q0 et Q4 : 18 kA entre Q0 et Q5 : 18 kA	Icc présumé @ 22 kA Pas de sélectivité totale
--	--

- Proposer une solution afin d'obtenir une sélectivité totale entre Q0 et Q2, Q3, Q4, Q5

Choisir pour Q0 un déclencheur de caractéristiques supérieures : **STR 45 AE**

Avec ce déclencheur, on a une **sélectivité totale** entre Q0 et Q2, Q3, Q4, Q5

A.1.10 - Préciser les réglages (long retard LR) à effectuer sur le déclencheur du disjoncteur Q2.

- Q2 : STR 23 SE In = 400 A Ib = 324,8 A

Long retard : I0 réglé à 0,9

Ir réglé à 0,9

AN : Ir = 400 × 0,9 × 0,9, Ir = 324 A

ou Ir réglé à 0,93

AN : Ir = 400 × 0,9 × 0,93, Ir = 335 A

A..1.11 - Donner les deux conditions indispensables pour avoir une sélectivité différentielle totale entre les disjoncteurs : Q9 et Q11.

- 1 : La sensibilité du disjoncteur amont doit être au moins le double de celle du disjoncteur aval.

- 2 : Le disjoncteur amont doit être au moins retardé de 40 milli-secondes ou de type sélectif (S).

- Préciser pour ces deux disjoncteurs les caractéristiques nécessaires pour remplir ces conditions.

Q11 I Δ n = 30 mA (obligatoire), et Instantané

Q9 IΔn > 2 × 30 mA, ex : 100 mA, 300 mA ... et retardé de 50 ms minimum ou sélectif

A.1.12 - Compléter la référence du câble qui alimente les prises de courant triphasées 400 V, 32 A (départ protégé par Q 11).

U 1000 R2 V 4 G 6 (6 : section en mm²)

A.2 - CARACTERISTIQUES DU SCHEMA DE LIAISON A LA TERRE

A.2.1 - Identifier le schéma de liaison à la terre de l'installation et donner sa signification

ITR **I** : neutre impédant
 T : masses reliées à la terre .
 R : Les masses du poste HT / BT sont reliées à la prise de terre
 du neutre et aux masses de l'installation.

A.2.2 - Donner la condition permettant de ne pas couper l'installation en cas de premier défaut

La tension de contact (U_c) doit être inférieure à la tension limite de sécurité (U_I)
ex : **$U_I = 50 \text{ V}$** (normales : conditions humides ou sèches) **BB1**
 $U_I = 25 \text{ V}$ (faibles : conditions mouillées) **BB2**

A.2.3 - Préciser la valeur maximale que peut atteindre un courant de défaut franc dans le cas de la combinaison d'un C. P. I. avec une impédance placée entre le neutre et la terre.

La valeur maximale du courant de défaut dans ce cas est de : **500 mA**

A.2.4 - Vérifier par un calcul que ces deux conditions sont remplies.

On prendra une valeur de l'impédance égale ou supérieure à : **1000 Ω**

Pour 1000 Ω , vérification :

$$I_d = V / (R_b + R_z) \quad \text{AN : } I_d = 230 / (10 + 1000) \quad \mathbf{I_d = 228 \text{ mA}}$$

$$U_c = R_b \times I_d \quad U_c = 0,228 \times 10 \quad \mathbf{U_c = 2,3 \text{ V}}$$

Tension non dangereuse, inférieure à U_I

A.3 - CARACTERISTIQUES DU POSTE DE DISTRIBUTION

A.3.1 - Préciser le type d'alimentation du poste HT / BT et donner la dénomination des cellules représentées du poste HT / BT (cellules notées : A, B, C).

Alimentation : Simple dérivation ou en antenne

Cellule A : cellule interrupteur sectionneur, cellule d' arrivée.

Cellule B : cellule protection du transformateur (interrupteur sectionneur et fusibles associés).

Cellule C : cellule Disjoncteur B T (Basse Tension)

A.3.2 - Déterminer et justifier le calibre du fusible à placer au primaire du transformateur pour les deux types de fusibles suivant : **FUSARC** intérieur de longueur 442 mm et **SOLEFUSE**.

Calcul de I_{1n} du transformateur : $S = UI\sqrt{3}$ $I = S / U\sqrt{3}$ AN : **$I_{1n} = 18,19 \text{ A}$**

Règle générale : $1,3 I_{1n \text{ tr}} \leq I_{n \text{ fu}} \leq 1,5 I_{1n \text{ tr}}$

AN : **23,65 A $\leq I_{n \text{ fu}} \leq 27,29 \text{ A}$**

Valeurs normalisées des fusibles : Fusarc : 25 A, 31,5 A, 40 A
Soléfuse : 31,5 A, 43 A

Vérification et choix :

$$\begin{array}{c} IA < I_{n \text{ fu}} < IB \\ I3 \cdot U_{cc} < I_{n \text{ fu}} < I(0,1s) / 14 \end{array}$$

	$I_{n \text{ fu}}$	$I3$	$IA = I3 \cdot U_{cc}$	$I(0,1s)$	$Ib = I(0,1s) / 14$
Fusarc	25 A	78 A	3,12 A	160 A	11,43 A
	31,5 A	99 A	3,96 A	230 A	16,43 A
	<u>40 A</u>	120 A	<u>4,8 A</u>	340 A	<u>24,29 A</u>
Soléfuse	<u>31,5 A</u>	142 A	<u>5,68 A</u>	315 A	<u>22,5 A</u>
	40 A	193 A	7,72 A	490 A	35 A

Choix possible des fusibles : **Fusarc 40 A** ou **Soléfuse 31,5 A**

A.4 - PROTOCOLE D'ACCES AU TRANSFORMATEUR

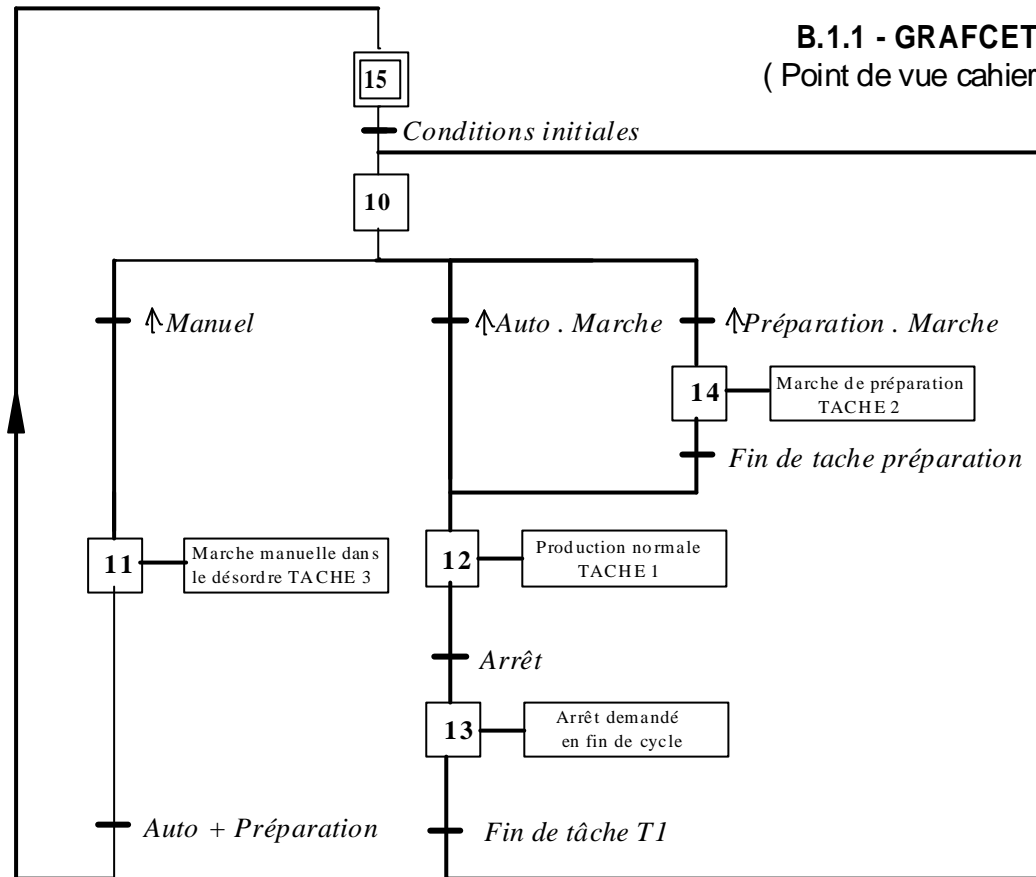
A.4.1 - Expliquer la procédure à mettre en oeuvre pour isoler le transformateur afin de faire effectuer en toute sécurité des contrôles hors tension sur celui-ci.

- 1 - Ouvrir le disjoncteur Q0 (cellule C) , la clé O devient libre.
- 2 - Prendre la clé O : Q0 est verrouillé en position ouvert.
- 3 - Placer la clé O à la place prévue à cet effet sur la cellule B
- 3 - Ouvrir l'interrupteur sectionneur côté HTA (cellule B)
- 4 - Fermer le sectionneur de terre (cellule B), la clé O devient prisonnière et la clé S devient libre
- 5 - Prendre la clé S : le sectionneur de terre cellule B est verrouillé fermé.
- 6 - Ouvrir le local transformateur , la clé S devient prisonnière
- 7 - Effectuer une V.A.T. côté HTA et BT

PARTIE B

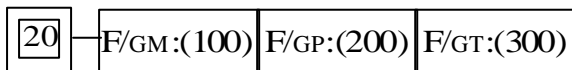
Automatisme de la centrale à béton

B.1.1 - GRAFCET de CONDUITE (Point de vue cahier des charges)



ELEMENTS du GRAFCET de PRODUCTION NORMALE (Point de vue de la partie commande)

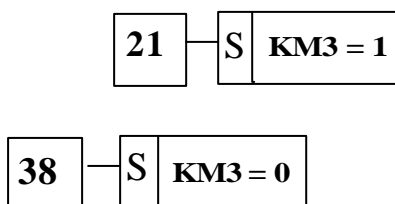
B.2.2



B.2.3

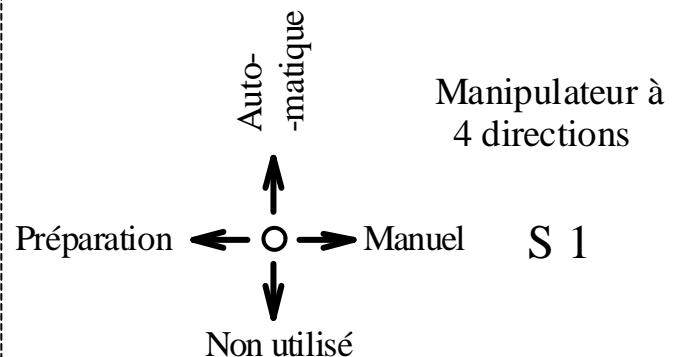
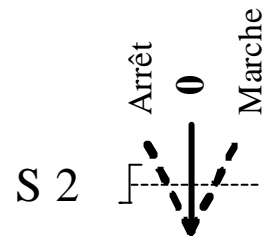


B.2.4



B.1.2 - APPAREILS de COMMANDE

Commutateur
3 positions



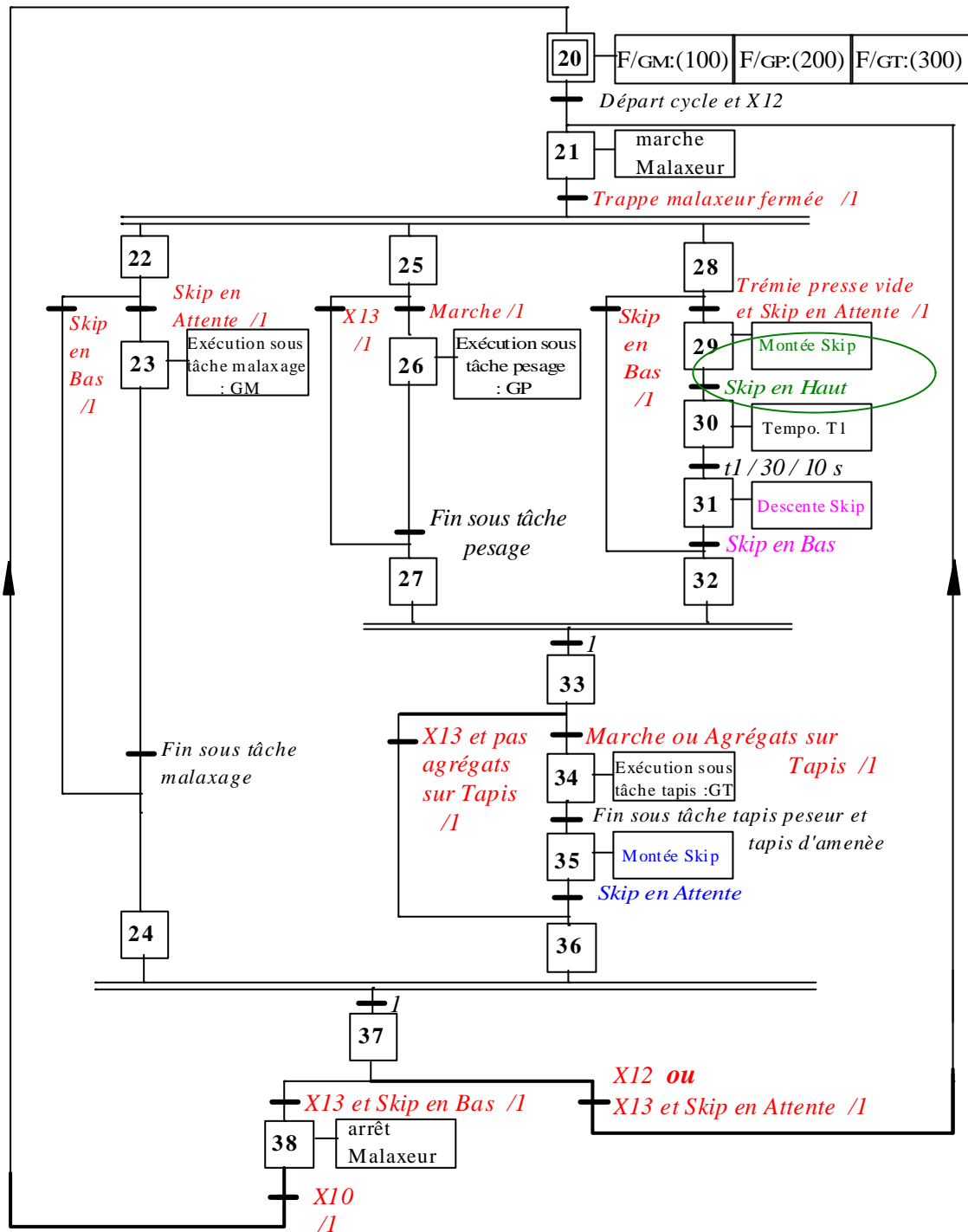
CORRIGE PARTIE B

Hiérarchisation des GRAFCET
Centrale à béton

PARTIE B

Automatisme de la centrale à béton

GRAFCET de PRODUCTION NORMALE :Tâche T1



X13 : Etape du GRAFCET de CONDUITE correspondant à l'Arrêt demandé en fin de cycle.

CORRIGE PARTIE B (Tâche T1)

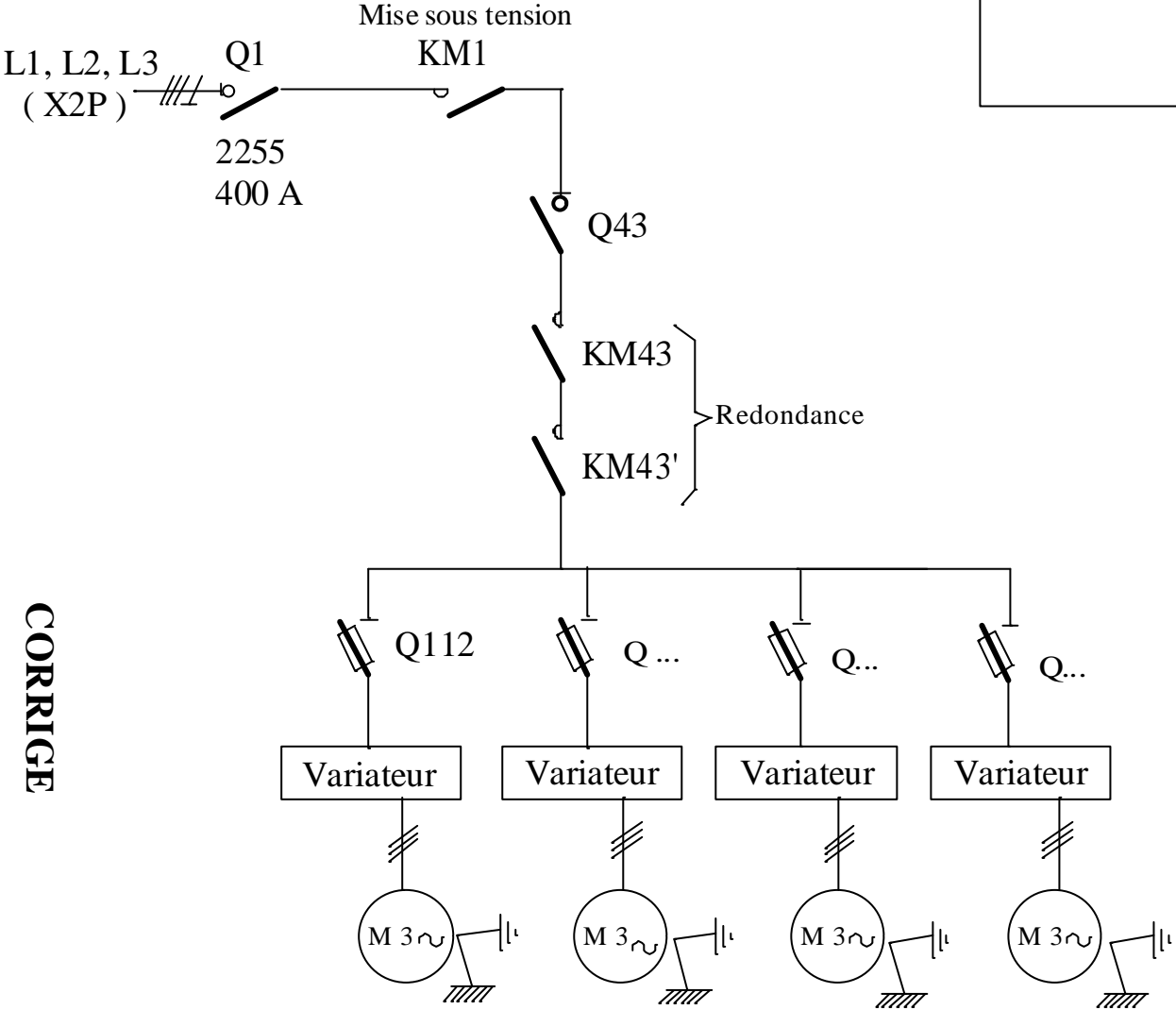
Hiérarchisation des GRAFCET

Centrale à béton Document réponse : REP B2

Modifications à apporter aux schémas

- supprimer la colonne 13 folio 110 (alimentation de KM43)

Schéma unifilaire de puissance
(alimentation des vibreurs)



CORRIGE

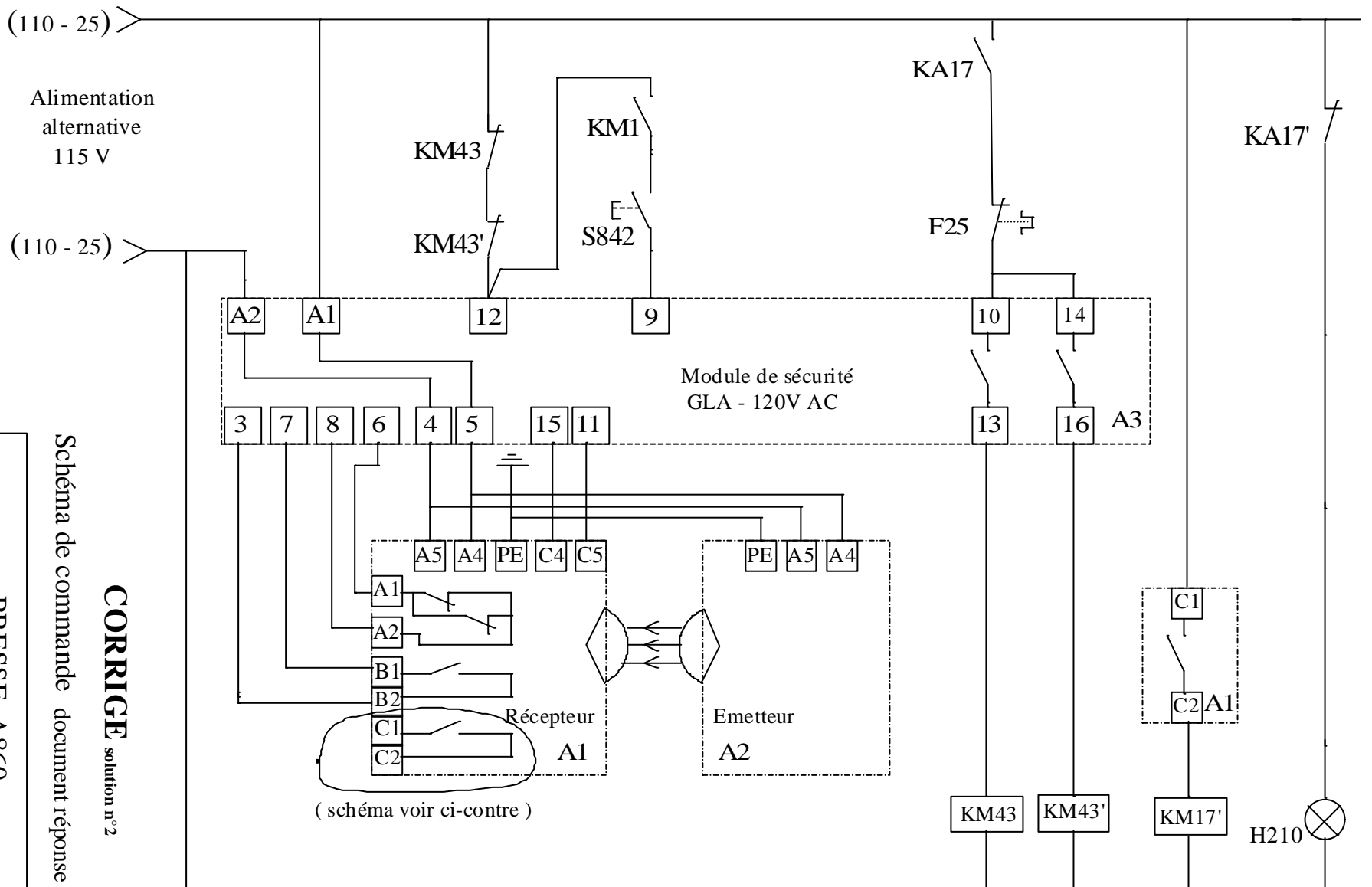
Schéma de puissance document réponse REP C2

PRESSE A860

Contrôle convoyeur sortie Folio n° 200

PARTIE C

Mise en sécurité de la presse



CORRIGE

solution n°2

Schéma de commande document réponse REP C1

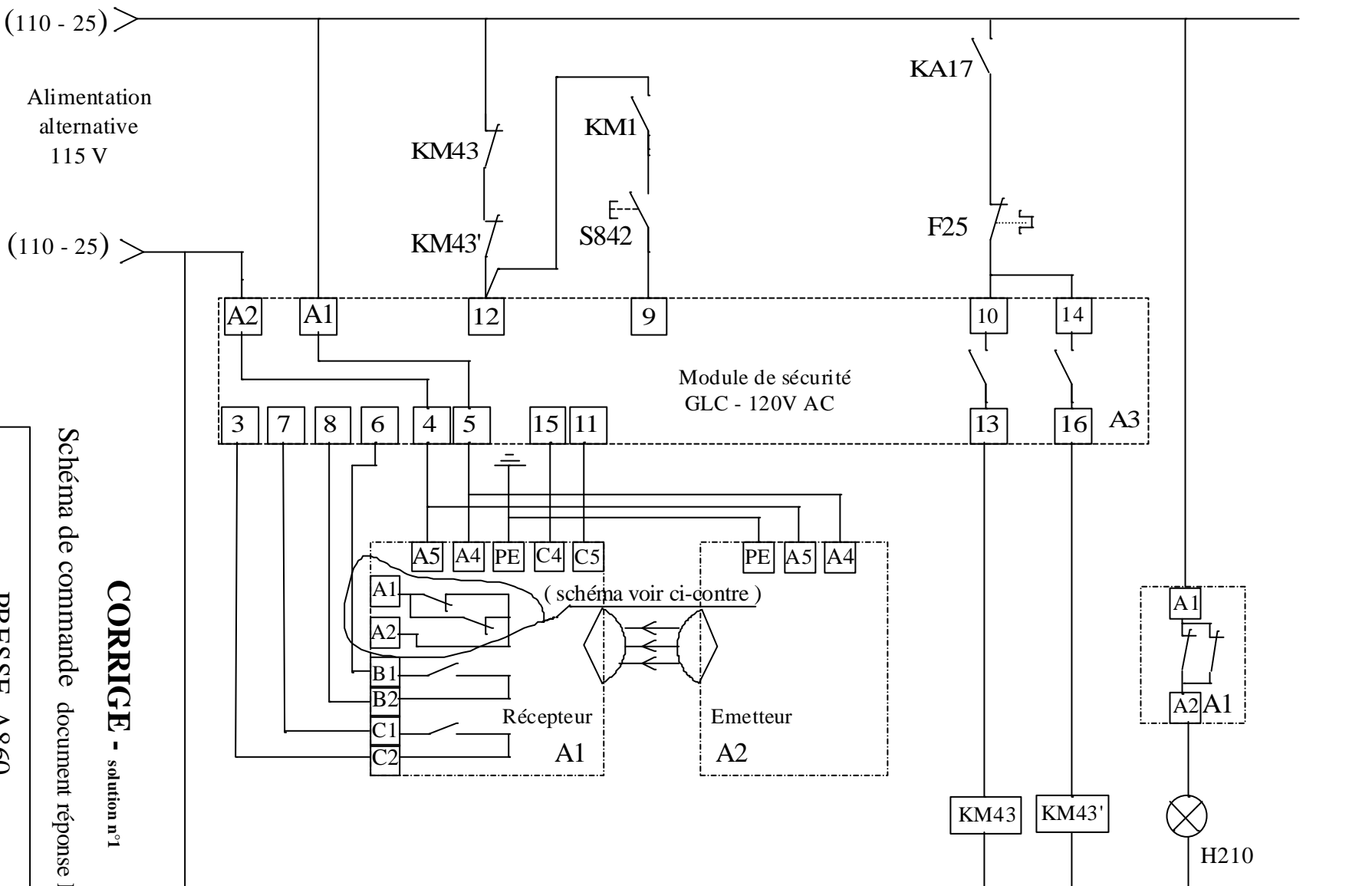
PRESSE A860

Contrôle convoyeur sortie

Folio n° 111

PARTIE C

Mise en sécurité de la presse



CORRIGE - solution n°1

Schéma de commande document réponse REP C1

PRESSE A860

Contrôle convoyeur sortie

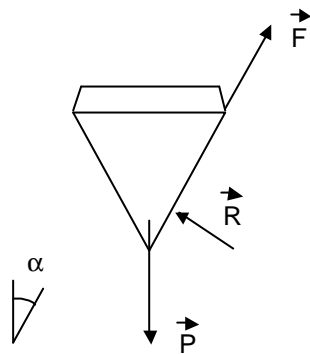
Folio n° **111**

PARTIE D

MOTORISATION DU SKIP

D.1 - DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES NOMINALES DU SKIP ET DU COEFFICIENT DE SECURITE RETENU PAR LE CONCEPTEUR

D.1.1. Traction sur le câble pour la charge maximale de la benne.
Il faut isoler la benne

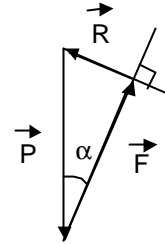


$$\vec{F} + \vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$$

$$\cos a = \frac{F}{P}$$

$$P = M \times g$$

$$\text{donc } F = M \times g \times \cos a$$



A.N. $F = 2300 \times 9,81 \times \cos 25$ soit $F = 20449 \text{ N}$

Mouflage à 3 brins

Traction du câble : $T = \frac{F}{3}$ soit $T = \frac{20449}{3} = 6816 \text{ N}$

D.1.2. Fréquence de rotation du moteur qui assure un déplacement de la benne à la vitesse de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$.

Ω_T : vitesse angulaire du treuil

Ω_M : vitesse angulaire du moteur

V : vitesse linéaire de la benne

R : rayon du treuil

rr : rapport de réduction du réducteur.

$$3 \times V = \Omega_T \times R$$

$$\frac{\Omega_T}{\Omega_M} = rr \Rightarrow \Omega_T = \Omega_M \times rr \quad \text{donc } 3 \times V = \Omega_M \times rr \times R \Rightarrow \Omega_M = \frac{3 \times V}{rr \times R}$$

A.N. $\Omega_M = \frac{3 \times 0,5}{0,05 \times 0,202} = 148,5 \text{ rad.s}^{-1}$ soit $23,65 \text{ tr.s}^{-1}$ (1419 tr.min^{-1})

D.1.3. Puissance utile du moteur en phase montée.

P_u : puissance utile du moteur

h_r : rendement du réducteur

h_m : rendement de la mécanique

$$P_u = \frac{M \times g \times V \times \cos a}{h_r \times h_m} \quad \text{A.N. } P_u = \frac{2300 \times 9,81 \times 0,5 \times \cos 25}{0,97 \times 0,95} = 11096 \text{ W}$$

D.1.4. Couple sur l'arbre du moteur.

M_r : couple sur l'arbre du moteur

$$M_r = \frac{P_u}{\Omega_M} \quad \text{A.N.} \quad M_r = \frac{11096}{148,5} = 74,72 \text{ Nm}$$

D.1.5. Choix du concepteur.

D.1.5.1. La référence du moteur DV 160 L4

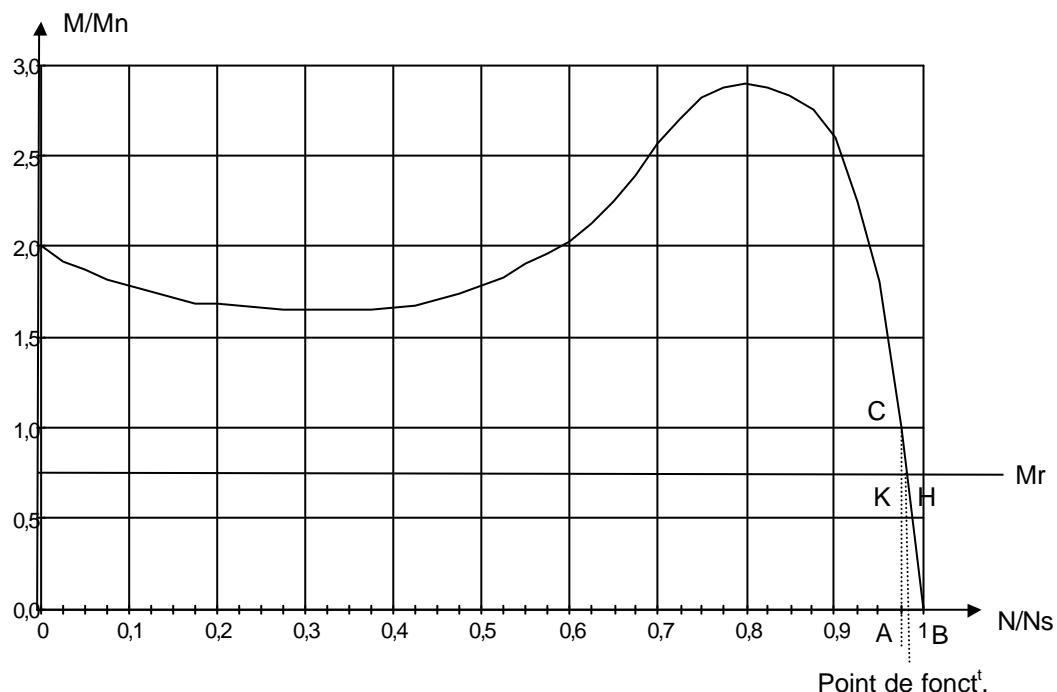
D.1.5.2. La vitesse nominale du moteur $N_n = 1460 \text{ tr.min}^{-1}$

D.1.5.3. Le couple nominal du moteur : M_n

$$M_n = \frac{30 \times P_n}{\Pi \times N_n} \quad \text{A.N.} \quad M_n = \frac{30 \times 15000}{\Pi \times 1460} = 98,16 \text{ Nm}$$

D.1.5.4. Le moment d'inertie du rotor $J_{mot} = 0,106 \text{ kg.m}^2$

D.1.6. Couple utile d'un moteur asynchrone triphasé.



Coordonnées du point de fonctionnement en montée de la benne.

Première méthode :

C est le point de fonctionnement nominal du moteur

H est le point de fonctionnement imposé par la charge.

Dans le triangle ABC on peut écrire :

$$\frac{AC}{KC} = \frac{AB}{KH} \Rightarrow KH = \frac{AB \times KC}{AC}$$

$$\text{A.N.} \quad KH = \frac{(1500 - 1460) \times (98,16 - 74,72)}{98,16} = 9,6 \text{ arrondi à } 10 \text{ tr.min}^{-1}$$

Point de fonctionnement : 74,72 Nm ; 1470 tr.min⁻¹ (1460+10)

Seconde méthode :

L'équation du segment CB dans le repère $M = f(N)$ peut s'écrire $M = a \times N + b$ avec a et b respectivement coefficient directeur et ordonnée à l'origine.

$$a = -\frac{98,16 - 0}{1500 - 1460} \quad \text{soit } -2,454 \text{ et } b = 2,454 \times 1500 \quad \text{soit } 3681$$

Donc l'équation s'écrit $M = -2,454 \times N + 3681$.

Si le couple résistant est de 74,72 Nm, la vitesse de rotation au point de fonctionnement sera obtenue en résolvant l'équation :

$$74,72 = -2,454 \times N + 3681 \Rightarrow N = \frac{3681 - 74,72}{2,454} \quad \text{soit } 1470 \text{ tr.min}^{-1}.$$

D.1.7. Coefficient de sécurité pris par le concepteur sur la puissance du moteur.

P_{ur} : puissance utile réelle développée en montée

D'après le point de fonctionnement :

$$P_{ur} = \frac{\Pi \times 1470}{30} \times 74,72 = 11476 \text{ W}$$

$$\text{Coefficient de sécurité : } \frac{15000}{11496} = 1,3$$

Vitesse réelle de la charge.

$$\text{D'après D.1.2.} \quad V = \frac{\Omega_M \times rr \times R}{3} = \frac{\Pi \times N \times rr \times R}{30 \times 3}$$

$$\text{A.N. } V = \frac{\Pi \times 1470 \times 0,05 \times 0,202}{30 \times 3} = 0,518 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\Omega_M = \frac{\Pi \times N}{30} \quad \text{A.N.} \quad \Omega_M = \frac{\Pi \times 1470}{30} = 153,9 \text{ rad.s}^{-1}$$

Courant absorbé par le moteur.

$$I = \frac{P_a}{U \times \sqrt{3} \times \cos \Phi} = \frac{P_{ur}}{\mathbf{h}_M \times U \times \sqrt{3} \times \cos \Phi}$$

Le moteur est chargé à $\frac{3}{4}$ de sa puissance nominale ($\frac{11496}{15000} = 0,77$), donc,

d'après la documentation du constructeur, $\mathbf{h}_M = 90,3\%$ et $\cos \Phi = 0,82$.

$$\text{A.N.} \quad I = \frac{11496}{0,903 \times 400 \times \sqrt{3} \times 0,82} = 22,4 \text{ A.}$$

D.2 - DETERMINATION DE LA PUISSANCE MINIMALE DU MOTEUR

COMPTE TENU DU CYCLE DE FONCTIONNEMENT

D.2.1. Temps mis par la benne pour se déplacer :

$$\text{- du FCB au FCA : } t = \frac{D}{V} \quad \text{A.N. } t_1 = \frac{5,5}{0,5} = 11 \text{ s}$$

$$\text{- du FCA au FCH : } \quad \text{A.N. } t_2 = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{ s}$$

$$\text{- du FCH au FCB : } t_3 = t_1 + t_2 \quad \text{A.N. } t_3 = 14 \text{ s.}$$

D.2.2. Temps de démarrage.

D.2.2.1. Moment d'inertie de la charge ramené à l'arbre du moteur.

$$J_{CH} = M \left(\frac{V}{\Omega_M} \right)^2 \quad \text{A.N. } J_{CH} = 2300 \left(\frac{0,5}{153,9} \right)^2 = 0,024 \text{ kg.m}^2$$

D.2.2.2. Moment d'inertie du tambour ramené à l'arbre du moteur.

L : Longueur du tambour ; ρ : masse volumique : 7800 kg/m^3

$$J_T = \frac{1}{2} \times M \times (R^2 + r^2) \text{ et } M = (R^2 - r^2) \times \Pi \times L \times \rho$$

donc :

$$J_T = \frac{1}{2} \times (R^2 - r^2) \times \Pi \times L \times \rho \times (R^2 + r^2) \times r r^2 = \frac{1}{2} \times (R^4 - r^4) \times \Pi \times L \times \rho \times r r^2$$

$$\text{A.N. } J_T = \frac{1}{2} \times [(0,202)^4 - (0,175)^4] \times \Pi \times 0,625 \times 7800 \times (0,05)^2 = 0,014 \text{ kg.m}^2$$

D.2.2.3. Moment d'inertie total.

$$J = J_M + J_{CH} + J_T \quad \text{A.N. } J = 0,106 + 0,024 + 0,014 = 0,144 \text{ kg.m}^2$$

D.2.2.4. Durée du démarrage en montée.

$$(1,8 \times Mn) - Mr = J \times \frac{d\Omega}{dt} \Rightarrow dt = \frac{J \times d\Omega}{(1,8 \times Mn) - Mr}$$

$$\text{A.N. } dt = \frac{0,144 \times (153,9 - 0)}{(1,8 \times 98,16) - 74,72} = 0,22 \text{ s}$$

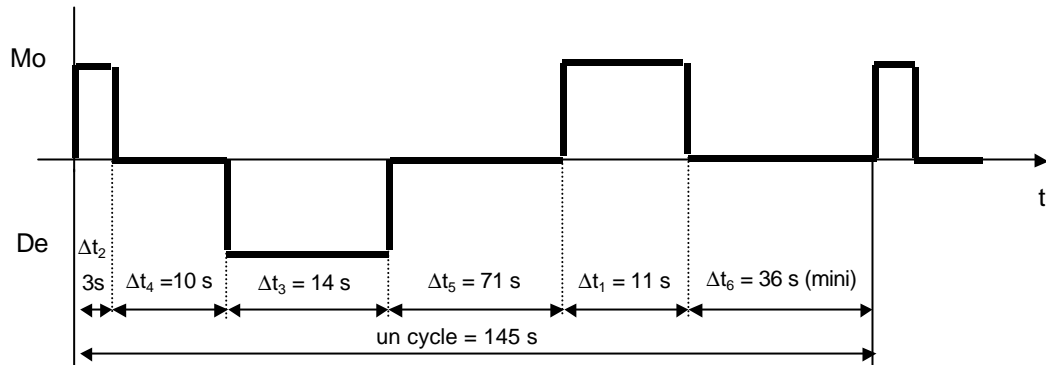
Durée du démarrage en descente.

Elle correspond au plus à la durée de mise en marche du moteur entraînant le treuil sans couple résistant, plus ou moins aidé par la charge selon que le réducteur soit réversible ou non. Elle est nécessairement inférieure à la durée du démarrage en montée. On peut dire que les durées de démarrage sont négligeables par rapport aux durées de fonctionnement.

D.2.3. Service normalisé.

Fonctionnement intermittent périodique avec phase de démarrage négligeable : service type S3.

Cycle de service :



Facteur de marche.

N : fonctionnement à charge constante

R : repos

FM : Facteur de marche

$$FM = \frac{N}{N + R} \quad FM = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5 + \Delta t_6}$$

$$\text{A.N.} \quad FM = \frac{11 + 3 + 14}{11 + 3 + 14 + 10 + 71 + 36} = \frac{28}{145} = 0,19 \quad \text{soit } 19\%$$

Coefficient multiplicateur de puissance K .

Pour un facteur de marche de 19% la documentation constructeur donne $K = 1,4$

D.2.4. Un moteur de 11 kW utilisé dans les conditions du service type S3 peut donc fournir une puissance de $1,4 \times 11000$ soit 15400 W, ce qui serait suffisant pour le skip, et assurerait un coefficient de sécurité au niveau de la puissance utile de :

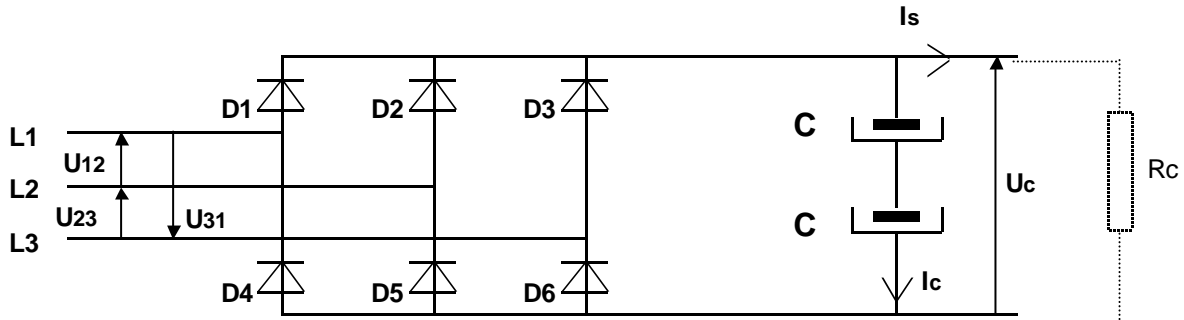
$$\frac{15400}{11496} = 1,34$$

(Il faudrait vérifier que ce choix reste compatible au niveau du couple, en particulier vérifier que la diminution du couple moteur n'entraîne pas une augmentation trop importante du temps de démarrage, ce qui remettrait en cause le service type)

PARTIE E

TABLE VIBRANTE

E.1 - DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES DES DIODES DE REDRESSEMENT



$\bar{U}_c = 550V$, $\bar{I}_s = 30A$ et l'ondulation crête à crête de U_c égale à $20V$.

E.1.1. Allure des chronogrammes de :

- U_c ,
- I_{D1}

Voir document réponse REP E1 corrigé.

E.1.2. Angle de conduction des diodes.

(Voir détail sur document réponse REP E1 corrigé.)

$$\bar{U}_c = U_{12} \times \sqrt{2}$$

$$\text{A.N. } \bar{U}_c = 400 \times \sqrt{2} = 566V$$

$$U_{c \min} = \bar{U}_c - \Delta U$$

$$\text{A.N. } U_{c \min} = 566 - 20 = 546V$$

$$\cos \theta = \frac{U_{c \min}}{\bar{U}_c}$$

$$\text{A.N. } \cos \theta = \frac{546}{566} = 0,965 \text{ soit } \theta \approx 15^\circ \text{ } (\pi/12)$$

E.1.3. Courant moyen dans une diode.

$$\bar{I}_{D1} = \frac{\bar{I}_s}{3}$$

$$\text{A.N. } \bar{I}_{D1} = \frac{30}{3} = 10A$$

E.1.4. Capacité des condensateurs C1 et C2. ($C1=C2$)

(Voir détail sur document réponse REP E1 corrigé.)

L'angle qui sépare deux crêtes de U_c vaut $\pi/3$, ce qui correspond à une durée de 3,33 ms.

L'angle de conduction (durée de la charge des condensateurs) vaut $\pi/12$, ce qui correspond à une durée de 0,83 ms.

Si on appelle Δt la durée de la décharge des condensateurs, $\Delta t = 2,5$ ms.

$$\Delta Q = C_{eq} \times \Delta U = \bar{I}_s \times \Delta t \Rightarrow C_{eq} = \frac{\bar{I}_s \times \Delta t}{\Delta U} \quad \text{A.N. } C_{eq} = \frac{30 \times 0,0025}{20} = 3,75 \times 10^{-3} F$$

C1 et C2 sont en série et $C1=C2$ donc :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_1 = 2 \times C_{eq}$$

$$\text{A.N. } C_1 = C_2 = 7500 \mu\text{F}$$

E.1.5. Valeur de crête du courant dans une diode.

$$\begin{aligned} \bar{I}_{D1} &= \frac{2}{2\Pi} \int_0^{\frac{\Pi}{12}} \bar{P}_{D1} \sin(12 \times \mathbf{q}) d\mathbf{q} \Rightarrow \bar{I}_{D1} = \frac{\bar{P}_{D1}}{\Pi} \left[-\frac{1}{12} \times \cos(12 \times \mathbf{q}) \right]_0^{\frac{\Pi}{12}} \\ &\Rightarrow \bar{I}_{D1} = \frac{\bar{P}_{D1}}{12 \times \Pi} [-\cos(\Pi) + \cos(0)] \\ &\Rightarrow \bar{I}_{D1} = \frac{\bar{P}_{D1}}{6 \times \Pi} \end{aligned}$$

$$\text{donc } \bar{P}_{D1} = 6 \times \Pi \times \bar{I}_{D1}$$

$$\text{A.N. } \bar{P}_{D1} = 6 \times \Pi \times 10 = 188\text{A}$$

Rapport du courant de crête sur le courant moyen.

$$\frac{\bar{P}_{D1}}{\bar{I}_{D1}} = 6 \times \Pi$$

$$\text{A.N. } \frac{\bar{P}_{D1}}{\bar{I}_{D1}} = 18,8$$

E.1.6. Principaux critères de choix d'une diode de redressement.

- Le courant direct moyen,
- La tension inverse de crête,
- Le courant de crête répétitif,
- L'électrode reliée au boîtier (anode ou cathode).

E.1.7. Référence et coefficients de sécurité.

BYX 63 600 (R)	$I_o = 20 \text{ A}$	coeff : 2
	$I_{fsm} = 225 \text{ A}$	coeff : 1,2
	$V_{rrm} = 600$	coeff : 1,06

Il n'y a pas de données pour choisir l'électrode au boîtier.

E.2 - DETERMINATION DES CONDITIONS DE FREINAGE DU MOTEUR ASSOCIE AU VARIATEUR DE VITESSE

E.2.1. Pendant la phase de ralentissement, si la charge entraînée possède une grande inertie, le moteur peut fonctionner en hypersynchrone et ainsi devenir générateur. L'onduleur est réversible mais pas le redresseur donc l'énergie sera accumulée dans les condensateurs C1 et C2 qui verront la tension à leurs bornes augmenter. Si cette phase est très courte, il n'est pas forcément nécessaire de rajouter des éléments de puissance supplémentaires. Cependant si la tension aux bornes des condensateurs s'élève trop (freinage trop important), un dispositif de surveillance peut mettre le variateur en sécurité et ainsi le moteur n'est plus freiné. Pour éviter cet inconvénient il faut ajouter une résistance de décharge des condensateurs (appelée résistance de freinage) celle-ci est branchée en parallèle sur les condensateurs au moyen d'un transistor hacheur.

E.3 - ANALYSE DE L'INFLUENCE DE LA TECHNOLOGIE DU VARIATEUR SUR LE COURANT EN LIGNE

E.3.1. Analyse harmonique.

$$I_{eff} = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 + H_3^2 + \dots + H_n^2}$$

Vérification :

$$I_{eff} = \sqrt{17^2 + 9^2 + 5,7^2 + 2,8^2 + 1,4^2}$$

$$I_{eff} = 20,3A$$

Ce résultat confirme la mesure de 20,5A, aux erreurs de mesures près.

E.4 - DETERMINATION DE LA RESOLUTION DU DISPOSITIF DE POSITIONNEMENT DES BALOURDS

E.4.1. Chronogrammes des signaux A et B à la sortie du codeur.

Voir le document réponse REP E2 corrigé.

Caractéristiques de ces signaux utilisées pour définir :

- vitesse du moteur : la fréquence des signaux
- sens de rotation : le déphasage d'un signal par rapport à l'autre
- position de l'arbre du moteur : le nombre de périodes qu'il faudra compter.

E.4.2. Sécurité du fonctionnement.

Elle peut être assurée par une fonction OU EXCLUSIF COMPLEMENTE (XNOR).

Table de vérité :

e1	e2	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Si les signaux A et \bar{A} sont corrects, ils sont donc toujours complémentaires et la sortie de la fonction est donc toujours au 0L.

En cas de rupture d'un fil, la complémentarité est supprimée et la sortie passe au 1L.

E.4.3. Fréquence des signaux A et B lorsque le moteur tourne à la vitesse maximale de 4500 tr.min⁻¹.

Le codeur a pour caractéristique : 1024 pas par tour.

4500 tr.min⁻¹ correspond à 75 tr.s⁻¹.

La fréquence des signaux A et B est donc de 1024 x 75 soit 76800 Hz.

E.4.4. Caractéristique des sorties des portes NON-ET.

Elles sont de type collecteur ouvert, elles peuvent partager la même résistance de charge, ce qui forme un « OU CABLE ». (La fonction obtenue en réalité est une fonction ET)

Equations logiques des sorties $\overline{\text{CL/UP}}$ et $\overline{\text{CL/DOWN}}$.

$$\overline{\text{CL/UP}} = \overline{A \uparrow B} \cdot \overline{A \downarrow B} \cdot \overline{B \uparrow A} \cdot \overline{B \downarrow A} \quad \text{soit}$$

$$\overline{\text{CL/UP}} = (\overline{A \uparrow B}) + (\overline{A \downarrow B}) + (\overline{B \uparrow A}) + (\overline{B \downarrow A})$$

De la même manière

$$\overline{\text{CL/DOWN}} = (\overline{A \uparrow B}) + (\overline{A \downarrow B}) + (\overline{B \uparrow A}) + (\overline{B \downarrow A})$$

Chronogrammes.

Voir document réponse REP E2 corrigé

E.4.5. Variation angulaire minimale décelée.

$$\frac{360}{4 \times 1024} \approx 0,088 \text{ degrés} \quad \text{soit environ } 0,0015 \text{ rad.}$$

E.4.6. Nombre d'étages du compteur-décompteur **binaire**.

Il faut compter jusqu'à 4×1024 soit 4096, or $4096 = 2^{12}$, donc il faut 12 étages.

E.4.7. Valeurs du compteur-décompteur **binaire** pour les angles de 30, 45 et 110 degrés.

Angle	Décimal	Hexa	Binaire
30	341	\$155	0001 0101 0101
45	512	\$200	0020 0000 0000
110	1251	\$4E3	0100 1110 0011

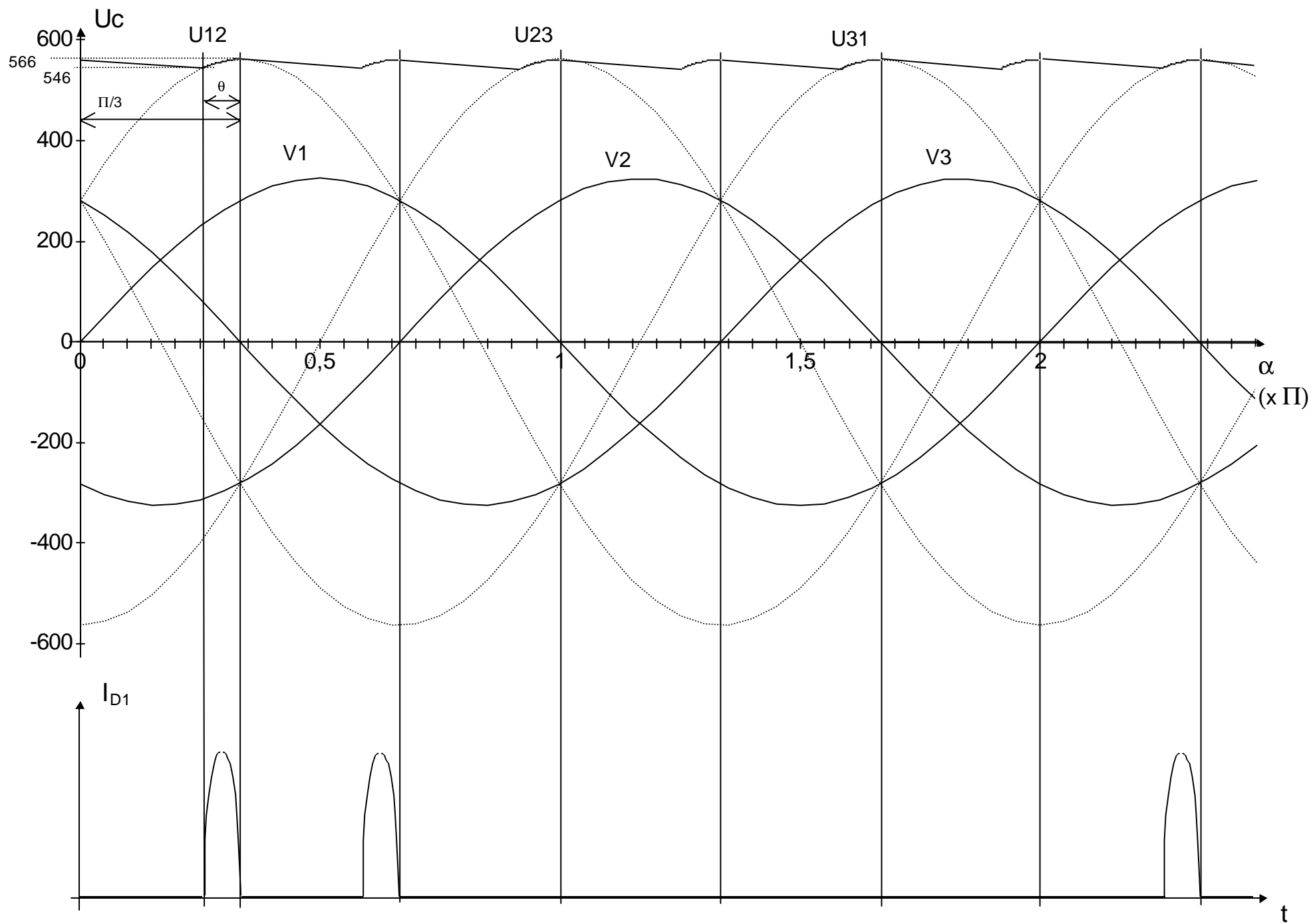
Calcul pour 30 degrés $\frac{4096 \times 30}{360} = 341$

E.4.8. Différence entre la solution exposée précédemment et une solution mettant en œuvre un compteur-décompteur **BCD**.

Une solution mettant en œuvre un compteur-décompteur **BCD**. nécessiterait 4 décades soit un nombre total de bascules de 16 au lieu de 12.

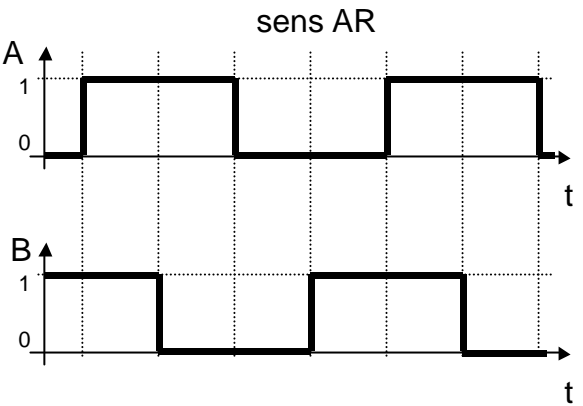
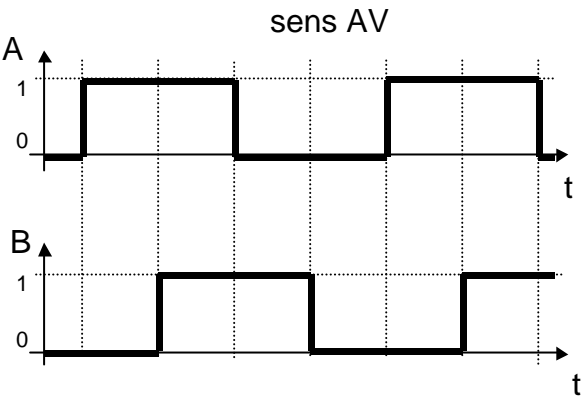
Valeurs du compteur-décompteur BCD pour les angles de 30, 45 et 110 degrés.

Angle	Décimal	Binaire
30	341	0000 0011 0100 0001
45	512	0000 0101 0001 0010
110	1251	0001 0010 0101 0001



CORRIGE

Question E.4.1.



Question E.4.4.

