

---

# Correction

---

**Barème :**

Enjeux A :

A1 : 38 points  
A2 : 22 points  
A3 : 16 points  
A4 : 52 points  
A5 : 30 points  
A6 : 20 points

Enjeux B :

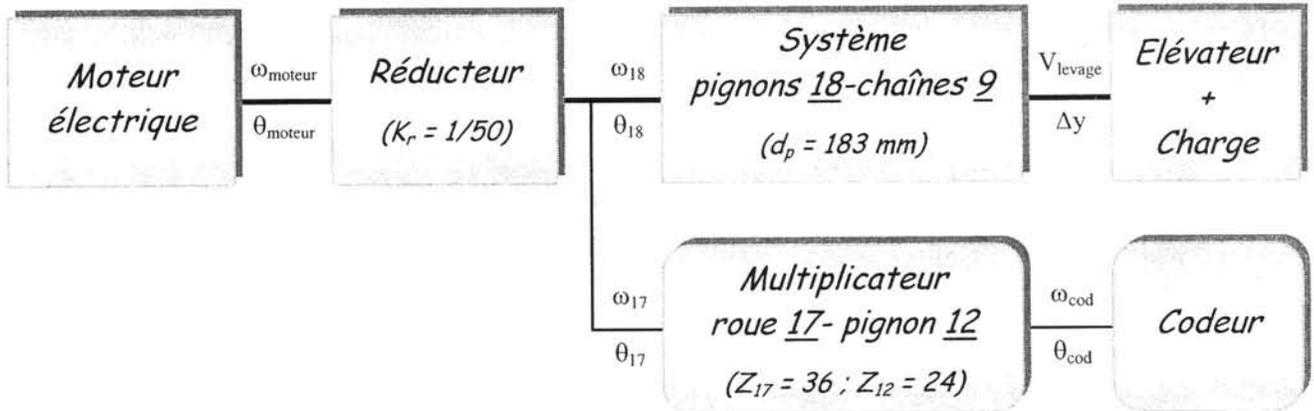
B1 : 22 points

**A1-ANALYSE DE L'EXISTANT.**

/38 pts

♦ **Modélisation de la chaîne cinématique de levage.**

A1.1- Schéma bloc complet de la chaîne cinématique de levage :

♦ **Etude du positionnement du levage.**

A1.2- Codeur absolu SSI, 1024 points par tour sur 4096 tours. Alimentation 11/30VDC.

A1.3- On trouve pour 1 impulsion :  $\theta_{cod} = 2\pi/1024pts = 6,136.10^{-3}$  rad.A1.4- On trouve :  $\Delta y = (dp \times \theta_{cod} \times Z_{12}) / (2 \times Z_{17}) = 0,374$  mmA1.5- En considérant le codeur installé, on constate que la précision est inférieure à la valeur fournie dans le dossier « Description des moyens » ( $p < 1$ mm).

A1.6- La résolution convient, c'est donc un problème de prise de référence machine qui n'est pas précise, ou qui dérive dans le temps.

♦ **Etude de la motorisation de la partie levage du translateur.**

A1.7- Le moteur asynchrone est un moteur à enroulements statoriques séparés. Grande vitesse 4p ; Petite vitesse 12p. Il est donc nécessaire d'alimenter les deux stators de façon indépendante.

A1.8- La défaillance de ce moteur entraîne une immobilisation d'un translateur pendant un minimum de deux mois, car il est fabriqué sur commande.

A1.9- - Les pointes de puissances sur le relevé de  $S(t)$  sont dues au démarrage en direct de la machine asynchrone. Le courant de démarrage est donc élevé. ( $I_d = 6$  à  $8$  In).

- Relevé de  $S(t)$  : Dans les phases de montée et de descente la puissance est approximativement de 18kVA.
- Relevé de  $P(t)$  et  $Q(t)$  :  $P_a$  à la montée est de 10kW et de 500W à la descente, pour une consommation de réactif de 15kVAR.
- Par conséquent, la machine consomme de l'énergie réactive de manière importante, et il est nécessaire d'entraîner le système lors de la descente (500W).
- Pour  $t = 21s$ ,  $\cos\varphi = 0,577$  ; Pour  $t = 70s$ ,  $\cos\varphi = 0,032$ . D'après les hypothèses le moteur n'est pas utilisé autour de son point de fonctionnement. Les charges moyennes entraînent un fonctionnement à  $P_u/2$ , donc mauvais rendement et mauvais facteur de puissance.

**A1.10-** Réducteur en place : Réducteur irréversible, de rapport  $K_r = 1/50$  et de rendement  $\eta_r = 0,6$ .  
Le réducteur étant irréversible, il est nécessaire de l'entraîner lors de la phase de descente.

◆ **Bilan de l'analyse de l'existant.**

**A1.11-** La résolution du codeur est correcte, les défauts proviennent d'une prise d'origine machine qui se dérègle dans le temps. Par conséquent, il faut définir une P.O.M fiable donc référencer le point d'origine à chaque cycle.

**A1.12-** - Le moteur est mal utilisé (point de fonctionnement ou le  $\cos\phi$  n'est pas bon), et son remplacement est pénalisant.

- Utiliser un moteur standard (moindre coût et changement rapide), commander par un variateur de vitesse.
- Améliorer le facteur de puissance, diminuer le réactif.
- Mauvais rendement du réducteur, donc changement.

**A2-RECHERCHE DE L'AMELIORATION DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET OPTIMISATION DES PERFORMANCES SUR LE LEVAGE.**

/22 pts

◆ **Amélioration de la consommation d'énergie.**

$$A2.1- P_a = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi = 400 \times 110 \times \sqrt{3} \times 0,61 = 46,66 \text{ kW};$$

$$Q_c = P \times (\text{tg } \phi' - \text{tg } \phi) = 46,66 \times (1,3 - 0,4) = 42 \text{ kVAR}$$

$$\frac{Q_c}{S} = \frac{42}{76,5} = 0,549 > 0,15\% \quad , \text{ donc il faut une compensation automatique.}$$

Batterie Rectimat 2 :  $3 \times 15 \text{ kVAR}$

Ref 52610 Prix = 2238,03€ HT

**A2.2-** - Energie consommée pendant un mois :  $42 \times 240 = 10080 \text{ kVARh.}$

- Coût de l'énergie par an :  $10080 \times 1,754 \times 5 = 884\text{€.}$
- Batterie amortie au bout de 2 ans et demi.

◆ **Optimisation des performances du système de levage.**

**A2.3-** Le variateur permet d'améliorer le fonctionnement en dynamique du système : rampe acc/déc ; vitesse.

**A2.4-** - L'applicatif nécessaire est : Positionnement par tableau.

- Le codeur machine est connecté au variateur et permet de gérer le positionnement.

◆ **Bilan.**

**A2.5-** L'utilisation d'un variateur de vitesse entraîne la suppression de la consommation de réactif, par conséquent la compensation n'est pas nécessaire.

Justification : l'étage d'entrée du variateur est constitué d'un pont redresseur il n'y a pas de déphasage entre U et I, il n'y a plus de réactif.

A2.6- Optimisation des points de fonctionnements du moteur de levage, donc réduction de la puissance apparente.

A2.7- Le constructeur variateur préconise des associations variateur moteur asynchrone SEW standard. De plus, le cahier des charges impose une réactivité importante en cas de problème moteur et une diminution du coût d'intervention (achat plus stock plus immobilisation d'un translateur).

### A3-DISPONIBILITE DU MAGASIN.

/ 16pts

#### ◆ Estimation de la durée moyenne d'un cycle de stockage avec la motorisation actuelle.

A3.1-  $t_{\text{moy}} = 2 t_l + 2 t_d + 2 t_c = 53 + 20 + 50 = 123 \text{ s}$  (cycles simultanés, on prend la durée du cycle le plus long)

$$n_{\text{cycle}} = 6400 / (4 \times 5 \times 16) = 20 \text{ (4 translateurs, 5 jours, 16 heures)}$$

$$\text{taux}_{\text{moy}} = (3600 - n_{\text{m/j}} t_{\text{moy}}) / 3600$$

$$\text{taux}_{\text{moy}} = (3600 - 20 \times 123) / 3600 = 31,7\%$$

#### ◆ Détermination de la durée moyenne d'un cycle de stockage optimisé.

A3.2- Le mouvement le plus pénalisant est celui de levage.

$$t_l \leq t_t \text{ soit } t_l \leq 16 \text{ s}$$

$$t_{\text{opt}} = 2 t_l + 2 t_d + 2 t_c = 32 + 20 + 50 = 102 \text{ s}$$

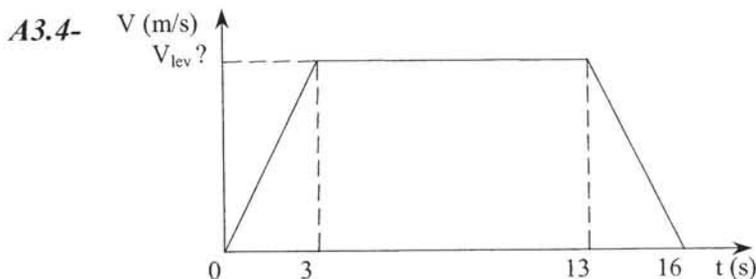
A3.3-  $\text{taux}_{\text{opt}} = (3600 - n_{\text{m/j}} t_{\text{opt}}) / 3600$

$$\text{taux}_{\text{opt}} = (3600 - 20 \times 102) / 3600 = 43,3\%$$

$$\text{Amélioration taux} = (\text{taux}_{\text{opt}} - \text{taux}_{\text{moy}}) / \text{taux}_{\text{moy}} = (43,3 - 31,7) / 31,7 = 36,6\% > 30\%$$

L'exigence du Cahier des Charges est satisfaite.

#### ◆ Détermination de la vitesse de levage que devra satisfaire la nouvelle motorisation



$$\text{A3.5- } \text{depl.1} + \text{depl.2} + \text{depl.3} = 5,5 \text{ avec } \text{depl.1} = \text{depl.3} = (3 V_{\text{lev}}) / 2 \text{ et } \text{depl.2} = 10 V_{\text{lev}}$$

$$\Rightarrow 13 V_{\text{lev}} = 5,5 \Rightarrow V_{\text{lev}} = 0,423 \text{ m/s} = 25,4 \text{ m/min}$$

**A4-RENOVATION DE LA MOTORISATION DE LEVAGE.****/52 pts**♦ **Détermination de l'association moteur-réducteur.**A4.1- Combinaison moteur/réducteur avec réduction  $i = 49,16$  :

DT90, DV100, DV112, DV132S, DV132M, DV132ML, DV160M, DV160L, DV180

Rapport de réduction :  $K_r = 1/49,16$ ♦ **Calcul des caractéristiques du moteur de levage - Présélection du moteur.**

A4.2-  $N_{\text{moteur}} = V / (2 \times \pi \times K_r \times d_p) = 25 / (2 \times \pi \times 0,02 \times 0,0915) = 2\ 174 \text{ tr/min}$

A4.3-  $a = \Delta V / \Delta t = (25 / 60) / 3 = 0,1389 \text{ m/s}^2$

A4.4- Application du théorème de la résultante dynamique en projection sur y à l'ensemble  $S_1$  :

$$2 \times F_t - (m_{\text{lev}} + m_c) \times g = (m_{\text{lev}} + m_c) \times a$$

$$\Rightarrow F_t = 0,5 \times (m_{\text{lev}} + m_c) \times (g + a) = 0,5 \times (650 + 1000) \times (9,81 + 0,1389) = 8\ 208 \text{ N}$$

A4.5- Application du théorème du moment dynamique en projection sur z à l'ensemble  $S_2$  :

$$C_p - (2 \times F_t \text{ maj} \times d_p) / 2 = 0$$

$$\Rightarrow C_p = F_t \text{ maj} \times d_p = C_p = (F_t \times d_p) / \eta_{\text{lev}} = (8208 \times 0,183) / 0,9 = 1\ 669 \text{ Nm}$$

A4.6-  $C_{\text{maxi}} = (C_p \times K_r) / \eta_r \Rightarrow C_{\text{maxi}} = (1669 \times 0,02) / 0,94 = 35,51 \text{ Nm}$

A4.7-  $P_m = (m_{\text{lev}} + m_c) g (V_{\text{lev}} / 60) = (650 + 1000) \times 9,81 \times (25 / 60) = 6\ 744 \text{ W}$

A4.8-  $P_u = P_m / (\eta_r \eta_{\text{lev}}) = 6744 / (0,94 \times 0,9) = 7\ 972 \text{ W}$

A4.9-  $P_u = C_{\text{res}} \times \omega_{\text{moteur}} \Rightarrow C_{\text{res}} = P_u / \omega_{\text{moteur}} = (30 \times 7972) / (\pi \times 2200) = 34,60 \text{ Nm}$

A4.10-  $N_{\text{moteur}} = 2174 \text{ tr/min}$  et  $C_{\text{maxi}} = 35,51 \text{ Nm}$

$$\Rightarrow \text{réf. : DV 160 M2 (2900 tr/min et 36,2 Nm) avec } J_{\text{mot}} = 0,0448 \text{ kg.m}^2$$

♦ **Choix définitif du moteur.**

A4.11-  $\frac{d\omega_{\text{moteur}}}{dt} = \Delta\omega / \Delta t = (\pi \Delta N) / (30 \Delta t)$

Phases	1	2	3	4	5	6	7
$\frac{d\omega_{\text{moteur}}}{dt}$ (rad/s <sup>2</sup> )	76,79	0	-76,79	0	-76,79	0	76,79

A4.12-  $E_{\text{cm}} = 0,5 (m_{\text{lev}} + m_c) \times (V_{\text{lev}} / 60)^2 = 0,5 (650 + 1000) \times (25 / 60)^2 = 143,2 \text{ J}$

$$E_{\text{ce}} = 0,5 (J_r + J_{\text{mot}}) \times \omega_{\text{moteur}}^2 = 0,5 (0,01 + 0,0448) (2200 \times \pi / 30)^2 = 1454 \text{ J}$$

$$A4.13- E_{ctot} = E_{cm} + E_{ce} \text{ et } E_{ctot} = 0,5 \times J_{tot} \times \omega_{moteur}^2$$

$$\Rightarrow J_{tot} = 2 \times (E_{cm} + E_{ce}) / \omega_{moteur}^2 = 2 \times (143,2 + 1454) / (2200 \times \pi / 30)^2 = \mathbf{0,0602 \text{ kg m}^2}$$

$$A4.14- C_{moteur} - C_{res} = J_{tot} \frac{d\omega_{moteur}}{dt} \Rightarrow C_{moteur} = C_{res} + J_{tot} \frac{d\omega_{moteur}}{dt}$$

Phases	1	2	3	4	5	6	7
$\frac{d\omega_{moteur}}{dt}$ (rad/s <sup>2</sup> )	77	0	-77	0	-77	0	77
$C_{res}$ (Nm)	35	35	35	Frein	35	35	35
$C_{moteur}$ (Nm)	39,62	35	30,38	0	30,38	35	39,62

A4.15- Caractéristiques nécessaires pour l'utilisation demandée :

Couple maxi :  $C_{max} = \mathbf{39,62 \text{ Nm}}$

Couple moyen thermique équivalent :  $C_{mte} = \mathbf{33,73 \text{ Nm}}$

Caractéristiques du moteur **DV160M2** :

Couple nominal :  $M_N = \mathbf{36,2 \text{ Nm}}$

Couple d'accélération maxi  $M_A = 2,7 M_N = 2,7 \times 36,2 = \mathbf{97,74 \text{ Nm}}$

Le moteur DV160M2 qui développe un couple de démarrage  $M_A$  de **97,74 Nm** supérieur au couple maxi  $C_{max} = \mathbf{39,62 \text{ Nm}}$  demandé par l'application permettra donc de garantir les accélérations exigées par le CdCF.

Le moteur DV160M2 convient du point de vue thermique puisqu'il développe un couple nominal  $M_N = \mathbf{36,2 \text{ Nm}}$  supérieur au couple moyen thermique équivalent  $C_{mte} = \mathbf{33,73 \text{ Nm}}$  demandé par l'application.

## A5-ÉTUDE DE LA COMMANDE DU MOTEUR DE LEVAGE.

/30 pts

### ◆ *Choix du module de freinage à associer à l'ensemble motorisé.*

A5.1- Le type de frein moteur est **BM15**, car il convient au moteur **DV160M2**.

### ◆ *Choix du variateur de vitesse à associer à l'ensemble moto-réducteur.*

A5.2- Il faut un variateur de vitesse Movidrive ayant pour référence :

**MDX61B-0110-5A3-4-0T** pour la version technologique.

Il est nécessaire d'utiliser la carte option type **DIP11B**. Elle permet de réaliser le positionnement du levage à l'aide du codeur absolu situé sur la machine.

A5.3- Calcul de la durée de service intermittent : d'après le tableau fourni en hypothèses, le temps est de **31s**.

% de la durée de service intermittent :  $\%SI = 31/127 = \mathbf{24,4\%}$  Soit :  $P_u = 11\text{kW} \Leftrightarrow 150\% \cdot P_u$

$P_u = 1,5 \times 11 = \mathbf{16,5\text{kW}}$ . Puissance de la résistance : d'après le tableau et dans le cas le plus défavorable : **12 %SI** pour un variateur 0110, puissance de **24kW**  $\Leftrightarrow$  résistance **BW039-50-T** avec  $I = 11 \text{ A}$ .

Type de résistance : **BW039-50-T** référence **1 820 137 7**.

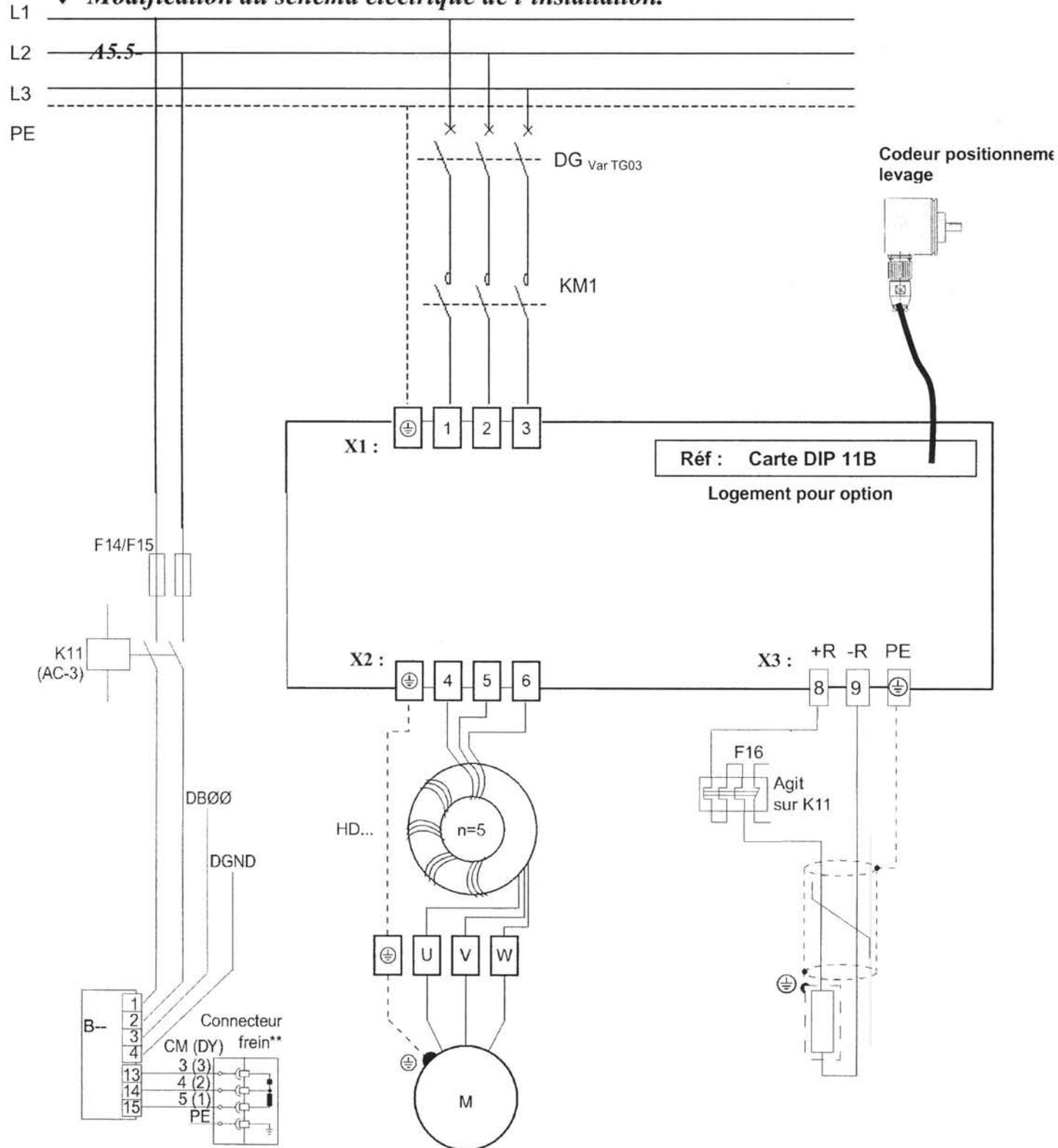
Référence du matériel nécessaire à la mise en œuvre de la résistance : Relais thermique **LRD-16 (réglage de 9 à 13 A)**

Justification : le constructeur préconise le montage d’un relais thermique sur la résistance. D’après le tableau la valeur du courant dans la résistance est de **11 A**.

**A5.4-** Afin de réduire les émissions parasites, il est nécessaire d’utiliser une self de sortie type HD au niveau du branchement moteur.

Pour un moteur de 11kW il est nécessaire d’utiliser un câble de 4mm<sup>2</sup> : le type de la self est **HD001** et à pour référence **813 325 5**.

♦ **Modification du schéma électrique de l’installation.**



◆ *Estimation du coût de la nouvelle motorisation d'un translateur.*

A5.6- Proposition de devis : **6082€** (Moteur + variateur avec les options + réducteur avec un rendement meilleur)

Prix du moteur 2 vitesses seul et batterie : 4800€ + (2238 €/4) = **5359€**

Les prix sont proches. La rénovation permet d'optimiser le fonctionnement et de faire des économies d'énergies. Cette solution est pertinente.

**A6-MODIFICATION DE L'INSTALLATION ELECTRIQUE ET MISE EN SERVICE.**

**/20 pts**

◆ *Précision sur la protection électrique de l'installation.*

A6.1-

Tension	Domaine	Limites
20 kV	HTA	$1 \text{ kV} < U \leq 50 \text{ kV}$
400 V	BTA	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$

A6.2- *Tableau général basse tension :*

Schéma de liaison à la terre : IT, neutre distribué et impédant.

Le neutre est mis à la terre par une impédance  $Z_x$  et les masses d'utilisation sont reliées à la terre.

Présence côté BT de limiteur de surtension.

- Le premier défaut doit être signalé (par le contrôleur permanent de l'isolement (CPI), recherché et éliminé.
- En cas de défaut double, coupure automatique de l'alimentation par les dispositifs de protection contre les courts-circuits.

Permet d'améliorer la continuité de l'exploitation, mais nécessite un personnel compétent.

Rôles des appareils spécifiques à ce schéma de liaison à la terre.

- $Z_x$  met intentionnellement le neutre à la terre : l'installation est à neutre impédant.
- Le limiteur amorce en cas de surtension et passe le neutre direct à la terre avant l'apparition de tension supérieure à la tenue diélectrique des matériels BT.
- Le CPI contrôle en permanence l'isolement de l'installation et signale le premier défaut.

◆ *Etude de l'évolution des protections de l'installation.*

A6.3-

Repérage	Disjoncteur	Type de courbe	Référence	$I_n$	$I_{th}$	I magnétique max	$I_{Défaut}^*$
Q <sub>CGMS</sub>	NS160N	STR22 SE	30770	160A	112A	672A	0,960 kA
Q <sub>TR3</sub>	C60N	C	24219	40A	40A	400A	0,950 kA
Q <sub>Trans3</sub>	C60N	C	24218	32A	32A	320A	0,230 kA
Q <sub>B3</sub>	C60N	C	24211	3A	3A	30A	0,650 kA

- Il y a sélectivité des protections entre les disjoncteurs sauf pour Q<sub>trans3</sub> et Q<sub>tr3</sub> qui déclenchent simultanément.

- Au niveau de  $Q_{\text{Trans}3}$ , donc de l'armoire du translateur  $\text{Imag}_{Q_{\text{Trans}3}} > I_{\text{défaut}} (320A > 230A)$  :  $Q_{\text{Trans}3}$  ne déclenche pas instantanément en cas de double défaut : la sécurité des personnes n'est pas assurée.
- Il faut que  $Q_{\text{Trans}3}$  soit un disjoncteur différentiel pour assurer la sécurité des personnes au niveau de l'armoire translateur.

#### A6.4-

- Intervention de dépannage :
  - 1- Recherche et localisation des défauts, avec éventuellement présence de tension et d'autres sources d'énergie.
  - 2- Elimination du ou des défauts, réparation ou remplacement de l'élément défectueux.  
A effectuer selon les modalités des travaux hors tension.
  - 3- Réglage et vérification du fonctionnement. Nécessite habituellement la remise sous tension.
- Chargé d'intervention : habilitation BR.
- Protection des intervenants :
  - Équipement adapté de protection individuelle (gants isolants, casque avec écran facial), pas d'objet personnel métallique.
  - Emplacement de travail délimité, voire balisé, interposition d'écrans...
  - Appareils de mesurage normalisés, outils isolés ou isolants normalisés, matériels de sécurité contrôlés avant utilisation.
  - Vérificateur d'absence de tension vérifié avant et après une VAT.

**B1-EVOLUTION DE LA GESTION DES DEFAUTS PAR MISE EN RESEAU DES API. /22pts****◆ Etude du réseau informatique industriel.**

**B1.1-** Le boîtier TSX SCA 62 permet : - le codage d'adresse des équipements connectés.  
- L'adaptation en fin de ligne lorsque la prise est en extrémité.

Le boîtier TSX P ACC01 permet : - le raccordement d'un automate TSX 37 sur un réseau Bus ModBus.  
- L'adaptation en fin de ligne lorsque le boîtier est en extrémité.

**B1.2-** Il convient d'utiliser des boîtiers de connexion **TSX P ACC01** pour réaliser la mise en réseau des automates du magasin.

Justification : ces boîtiers sont nécessaires au raccordement des TSX 37 à un réseau Bus ModBus.

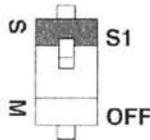
**B1.3-** Voir correction page suivante.

**B1.4-** Les quatre boîtiers TSX P ACC01 ne sont pas en fin de ligne et sont connectés sur un réseau ModBus, ils sont configurés de manières identiques.

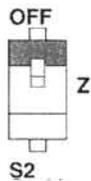
S1 : Sélection d'un mode de fonctionnement.

S2 : Adaptation fin de ligne.

S1 sur la position S :  
*ModBus Esclave*



S2 sur la position OFF :  
*Boîtier situé en position  
autre que fin de ligne.*



BI.3-

