

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS  
SESSION 2009**

---

**EPREUVE E4  
MOTORISATION DES SYSTEMES**

Durée : 3 heures

---

Aucun document n'est autorisé

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)

Le sujet comporte trois dossiers :

- un dossier technique
- un dossier travail
- un dossier réponse

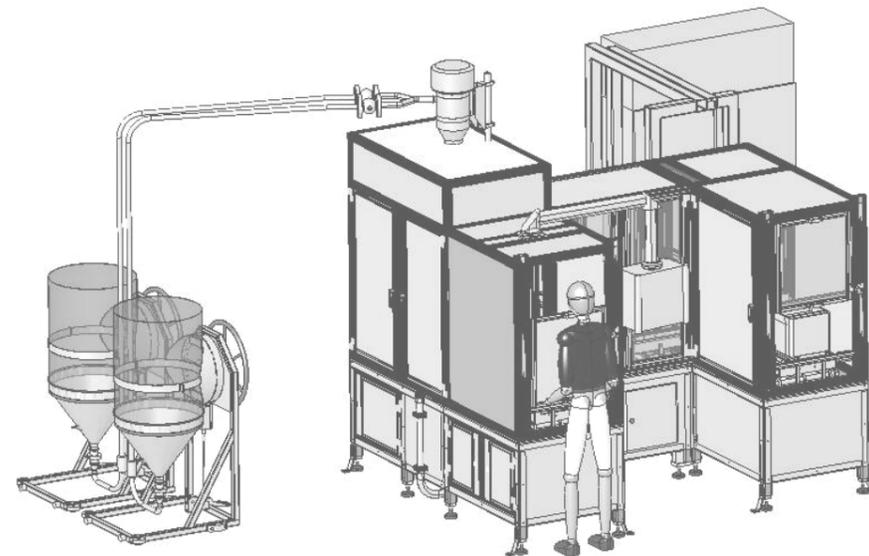
Le dossier réponse est à joindre aux feuilles de copie.

THÈME :

**POSTE D'ENFOURNEMENT**

**EPREUVE E4**  
**MOTORISATION DES SYSTEMES**

DOSSIER TECHNIQUE



**POSTE D'ENFOURNEMENT**

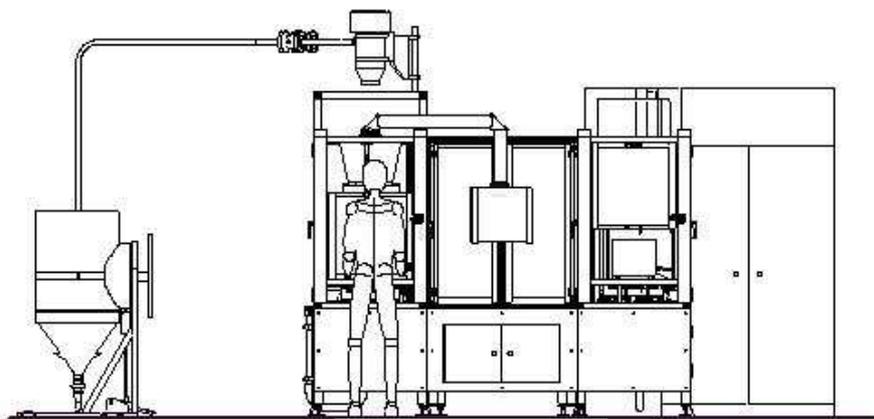
## 1 – PRESENTATION ET FONCTIONS

Dans une fonderie, il faut remplir de sable des bacs contenant des noyaux. Pour améliorer la productivité et les conditions d'hygiène et sécurité de ce poste d'enfournement, l'entreprise a décidé d'étudier la réalisation d'un système automatisé devant répondre aux fonctions suivantes :

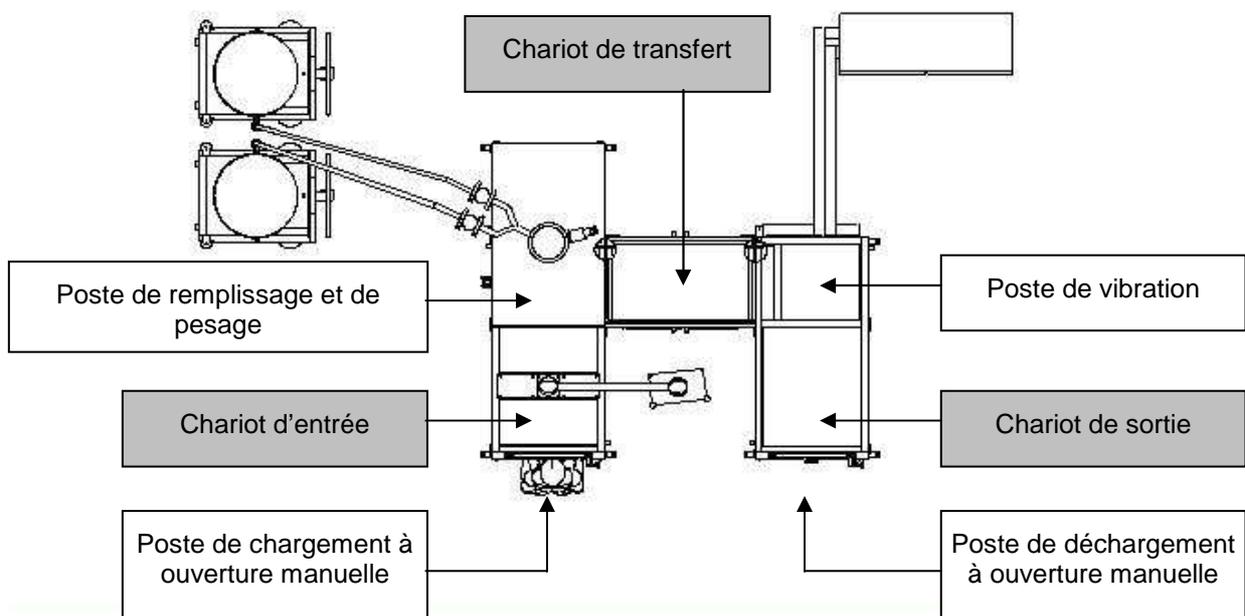
- **Accueillir** les bacs de cuisson à une hauteur qui respecte l'ergonomie.
- **Remplir** de sable les bacs de cuisson contenant des noyaux sans émission directe de poussière pour l'opérateur.
- **Vibrer** les bacs de cuisson pleins (sable + noyaux) sans émission directe de poussière pour l'opérateur.
- **Evacuer** les bacs de cuisson à une hauteur qui respecte l'ergonomie.

## 2 – IMPLANTATION ET ARCHITECTURE

Le poste d'enfournement est lui-même constitué de **quatre postes** et de **trois chariots** permettant le déplacement des bacs :

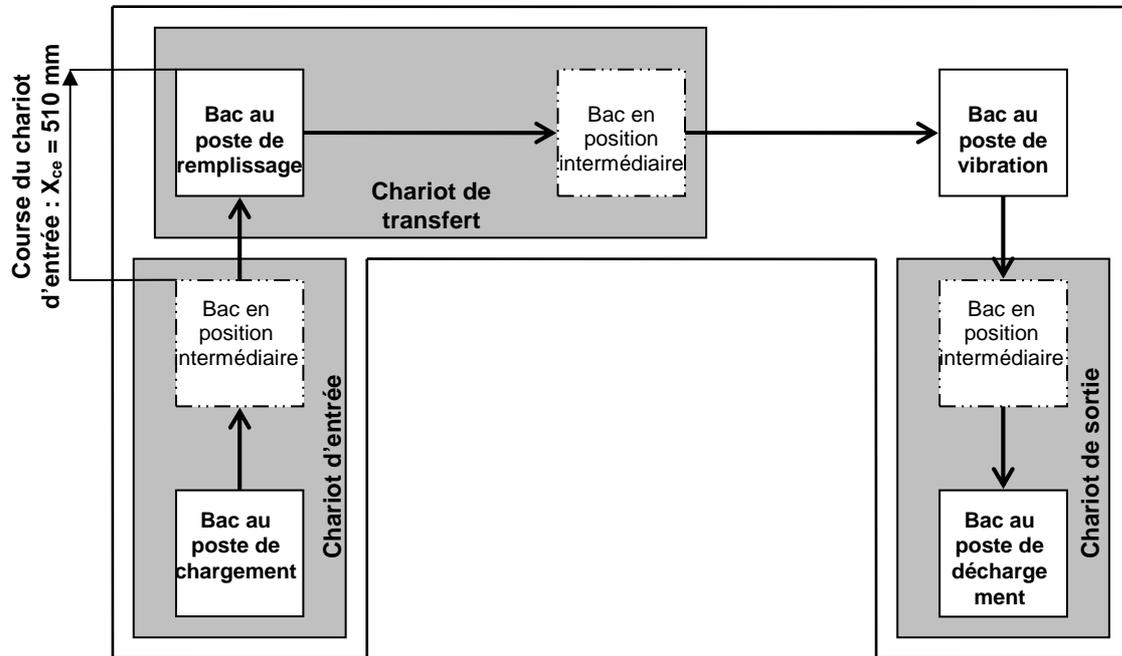


Vue de face



Vue de dessus

### 3 – PARCOURS DES BACS



**Remarque** : Le chariot d'entrée et le chariot de sortie sont identiques.

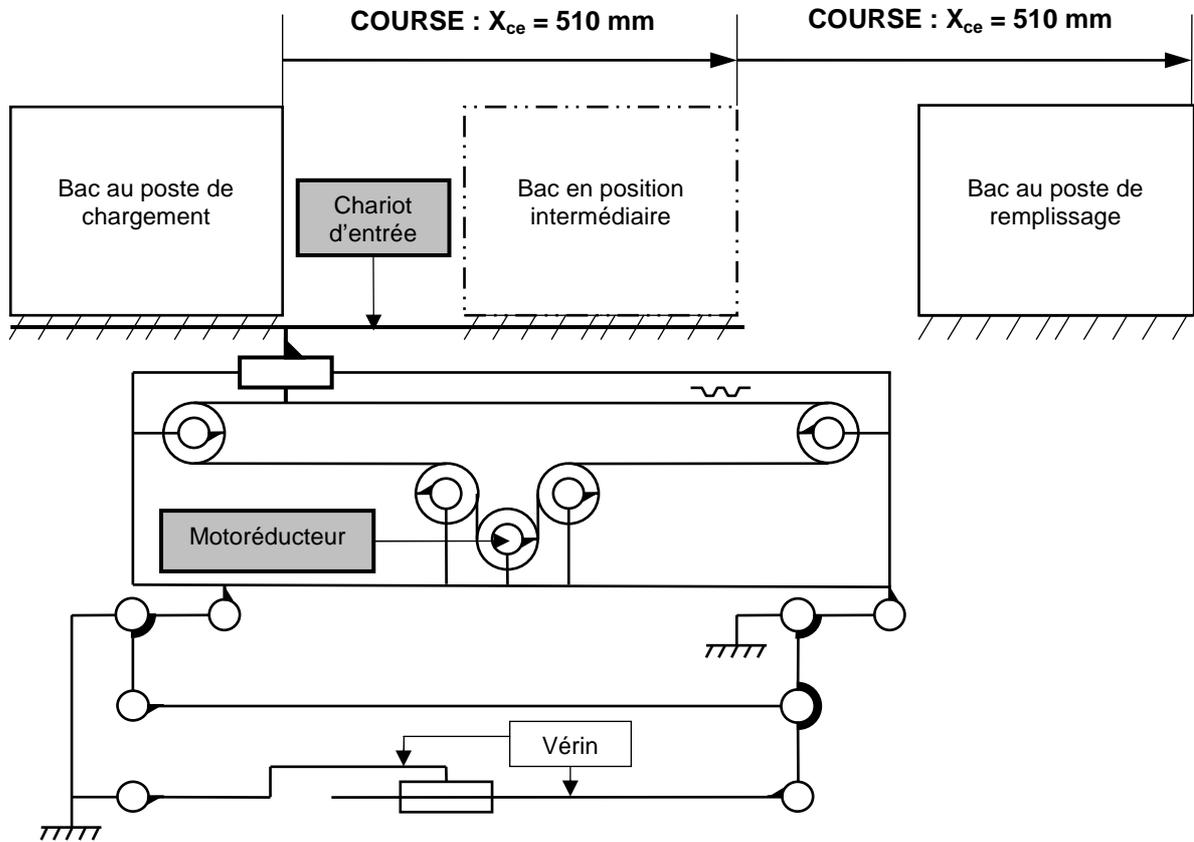
### 4 – DONNEES TECHNIQUES

	Notations	Valeurs
Planning journalier		3 x 8h
Contrainte d'engagement		100% de la cadence
Taille maxi des bacs de cuisson		300 mm x 300 mm x 250 mm
Masse d'un bac de cuisson de taille maxi et rempli de sable	$m_b$	72 kg
Masse de la partie mobile du chariot d'entrée ou de sortie	$m_{ce}$	13 kg
Masse de la partie mobile du chariot de transfert	$m_{ct}$	22 kg
Course du chariot d'entrée ou de sortie	$X_{ce}$	510 mm
Course du chariot de transfert	$X_{ct}$	2 fois 455 mm
Durée du déplacement de tous les chariots	T	3 s

## 5 – PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU CHARIOT D'ENTREE

Le déplacement s'effectue selon 3 phases :

- montée du bac,
- 1<sup>ère</sup> translation d'une course de 510 mm,
- 2<sup>de</sup> translation équivalente pour atteindre le déplacement voulu.



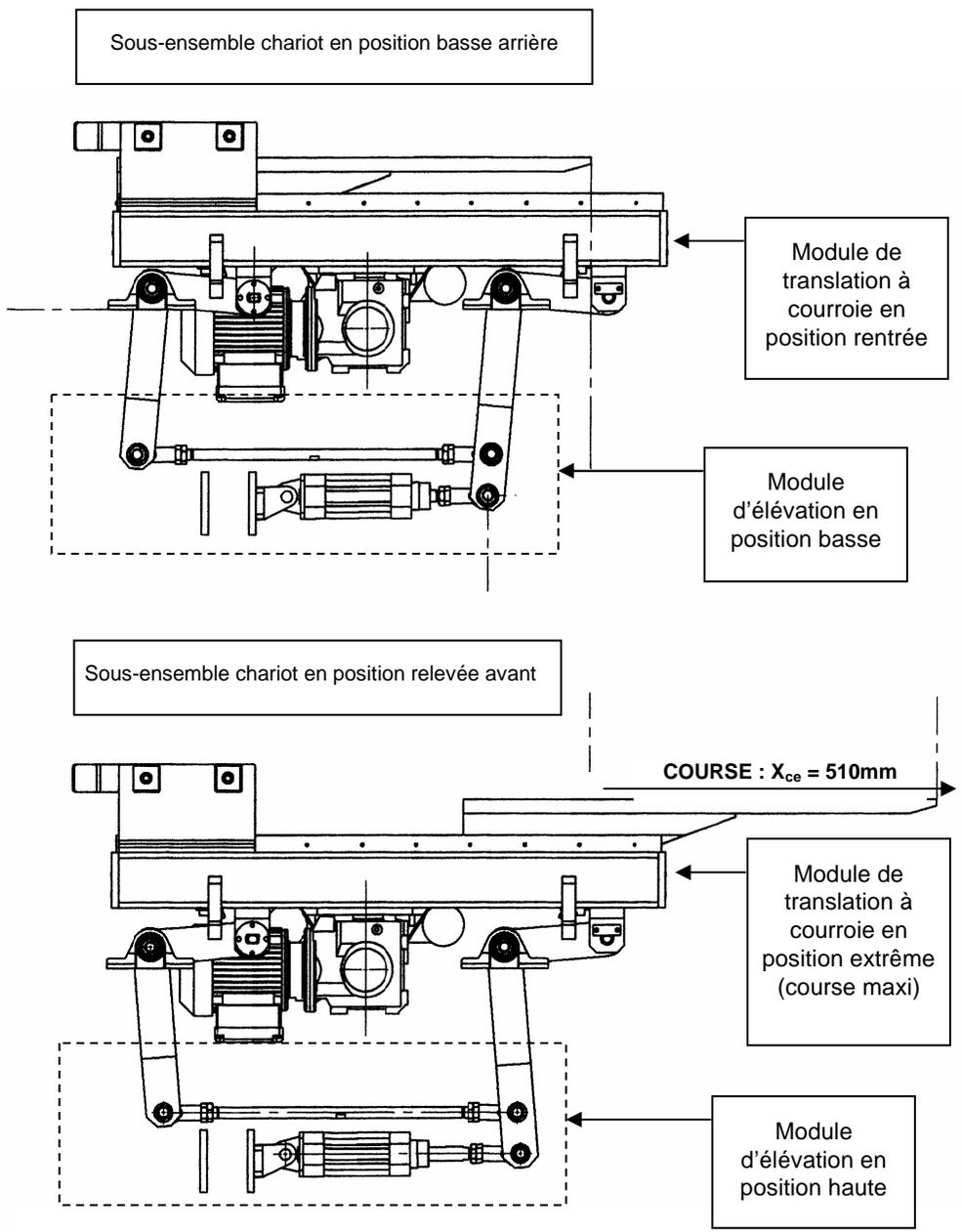
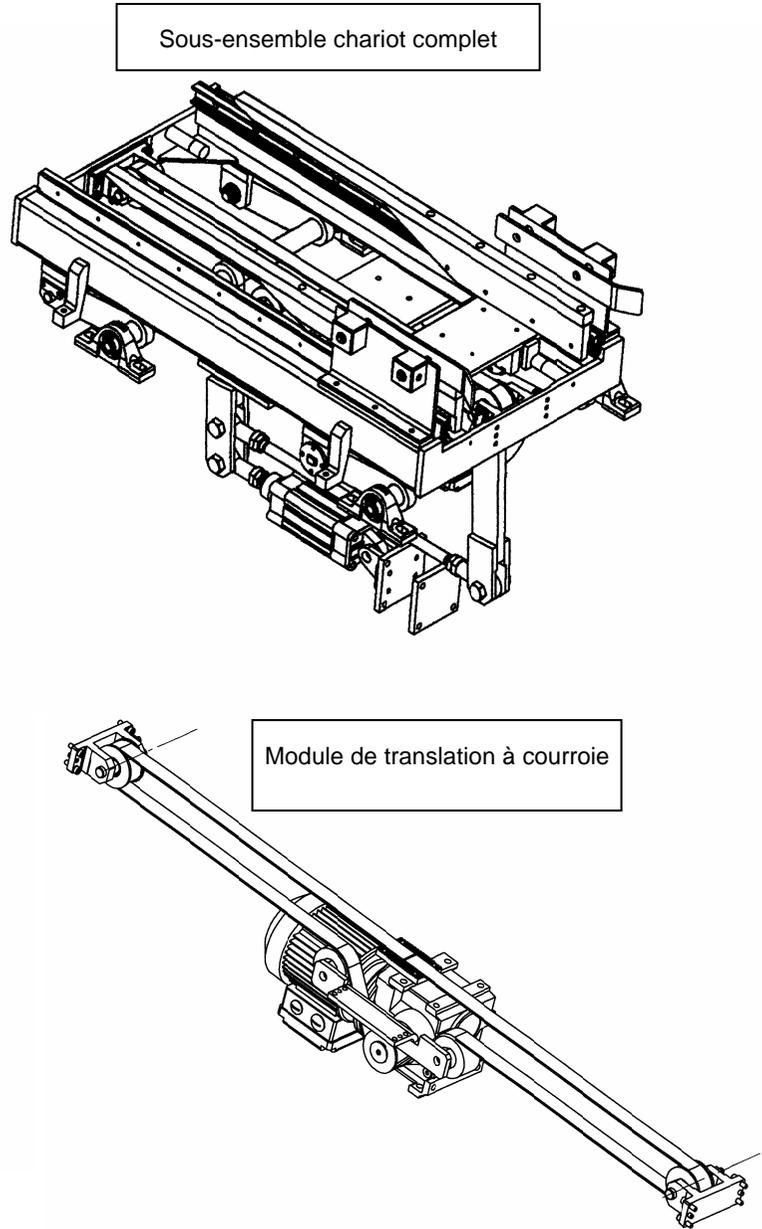
### Description d'un cycle :

- **Levée** du bac situé au poste de chargement et du bac situé en position intermédiaire par le chariot d'entrée (sortie de tige du vérin et motoréducteur arrêté).
- **Translation aller** du chariot d'entrée avec les deux bacs sur une course  $X_{ce} = 510$  mm (tige du vérin sortie et rotation du motoréducteur entraînant le système poulies courroie).
- **Dépose** sur le bâti d'un bac en position intermédiaire et d'un bac au poste de remplissage par le chariot d'entrée (rentrée de tige de vérin et motoréducteur arrêté).
- **Translation retour** du chariot d'entrée sur une course  $X_{ce} = 510$  mm (tige du vérin rentrée et rotation du motoréducteur entraînant le système poulies courroie en sens contraire).

### Remarque importante :

Il faut **deux** cycles complets pour faire passer un bac du poste de chargement au poste de remplissage.

6 – CHARIOT D'ENTREE AVEC MOTORISATION



## Caractéristiques des moteurs asynchrones triphasés

### Moteurs asynchrones triphasés fermés LS

#### Sélection

IP 55 - 50 Hz - Classe F -  $\Delta$ T 80 K - 230 V  $\Delta$  / 400 V Y - S1

4  
pôles  
1500 min<sup>-1</sup>

Type	Puissance nominale à 50 Hertz	Vitesse nominale	Moment nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance	Rendement	Courant démarrage / Courant nominal	Masse
	P <sub>N</sub> kW	N <sub>N</sub> min <sup>-1</sup>	C <sub>N</sub> N.m	I <sub>N 400V</sub> A	Cos $\varphi$ 100%	$\eta$ 100%	I <sub>0</sub> / I <sub>N</sub>	kg
LS 56 M	0,06	1360	0,42	0,3	0,6	55	3	4
LS 56 M	0,09	1400	0,6	0,39	0,6	55	3,2	4
LS 63 M	0,12	1380	0,84	0,44	0,7	56	3,2	4,8
LS 63 M	0,18	1390	1,2	0,64	0,65	62	3,7	5
LS 71 M	0,18	1425	1,2	0,8	0,65	69	4,6	6,4
LS 71 M	0,25	1425	1,7	0,8	0,65	69	4,6	6,4
LS 71 M	0,37	1420	2,5	1,06	0,7	72	4,9	7,3
LS 71 L	0,55	1400	3,8	1,62	0,7	70	4,8	8,3
LS 80 L	0,55	1410	3,8	1,42	0,76	73,4	4,5	8,2
LS 80 L	0,75	1400	5,1	2,01	0,77	70	4,5	9,3
LS 80 L	0,90	1425	6	2,44	0,73	73	5,8	10,9
LS 90 S	1,1	1429	7,4	2,5	0,84	76,8	4,8	11,5
LS 90 L	1,5	1428	10	3,4	0,82	78,5	5,3	13,5
LS 90 L	1,8	1438	12	4	0,82	80,1	6	15,2
LS 100 L	2,2	1436	14,7	4,8	0,81	81	5,9	20
LS 100 L	3	1437	20,1	6,5	0,81	82,6	6	22,5
LS 112 M	4	1438	26,8	8,3	0,83	84,2	7,1	24,9
LS 132 S	5,5	1447	36,7	11,1	0,83	85,7	6,3	36,5
LS 132 M	7,5	1451	49,4	15,2	0,82	87	7	54,7
LS 132 MR	9	1455	59,3	18,1	0,82	87,7	6,9	59,9
LS 160 MP	11	1454	72,2	21	0,86	88,4	7,7	70
LS 160 LR	15	1453	98	28,8	0,84	89,4	7,5	86
LS 180 MT	18,5	1456	121	35,2	0,84	90,3	7,6	100
LS 180 LR	22	1456	144	41,7	0,84	90,7	7,9	112
LS 200 LT	30	1460	196	56,3	0,84	91,5	6,6	165
LS 225 ST	37	1468	241	68,7	0,84	92,5	6,3	205
LS 225 MR	45	1468	293	83,3	0,84	92,8	6,3	235
LS 250 ME	55	1478	355	101	0,84	93,6	7	320
LS 280 SC	75	1478	485	137	0,84	94,2	7,2	380
LS 280 MD	90	1478	581	164	0,84	94,4	7,6	450
LS 315 SP	110	1484	708	197	0,85	94,8	7	670
LS 315 MP	132	1484	849	236	0,85	95	7,6	750
LS 315 MR	160	1484	1030	286	0,85	95	7,7	845

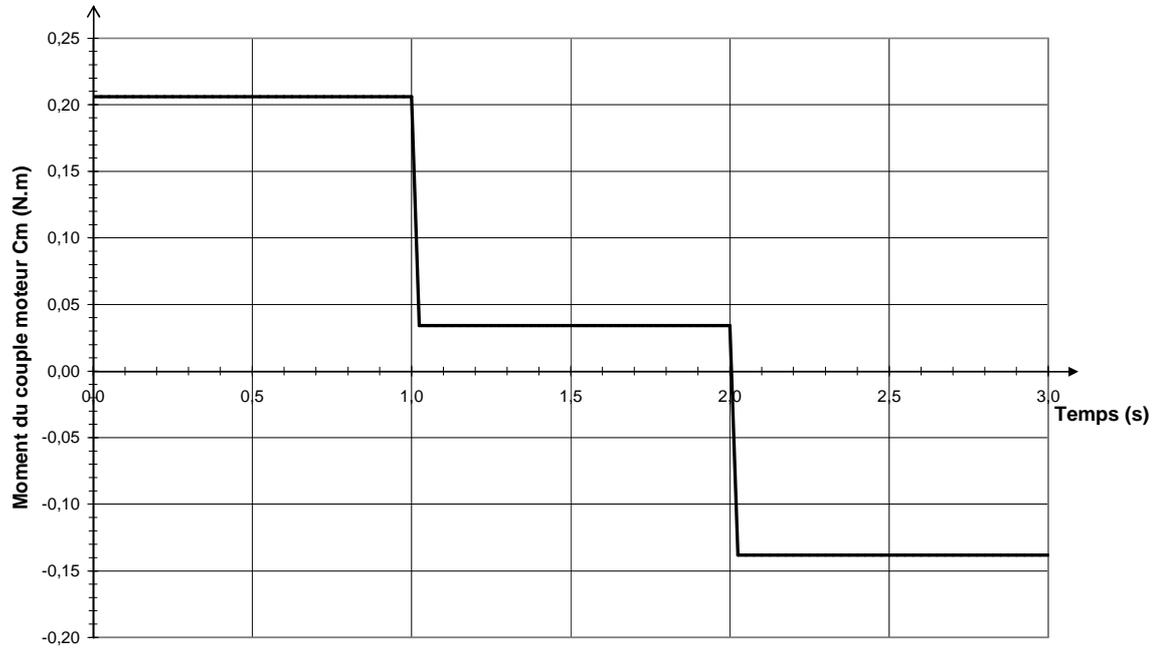
Exemple : Moteur type **LS 56 M**. Le chiffre **56** correspond à une hauteur d'axe de moteur normalisée de **56 mm**.

D'après la documentation Leroy Somer

## Courbes du moment de couple moteur du chariot d'entrée

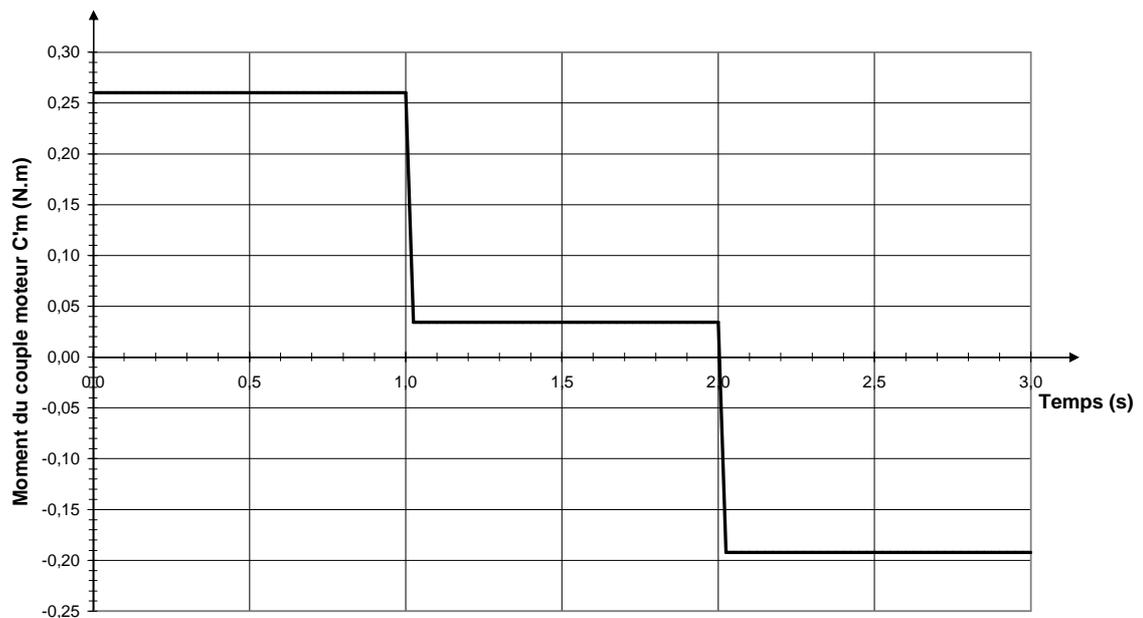
Simulation qui tient compte de l'inertie de toute la chaîne cinématique (réducteur et système poulies courroie).

$$J_r = 500 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$



Simulation qui tient compte de l'inertie de toute la chaîne cinématique (réducteur et système poulies courroie) et de l'inertie du moteur.

$$J_r = 500 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2 \text{ et } J_m = 360 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$

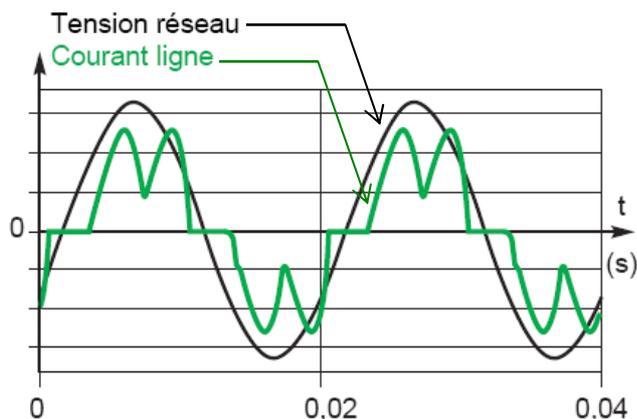


## Forme d'onde du courant prélevé sur le réseau par un variateur de vitesse

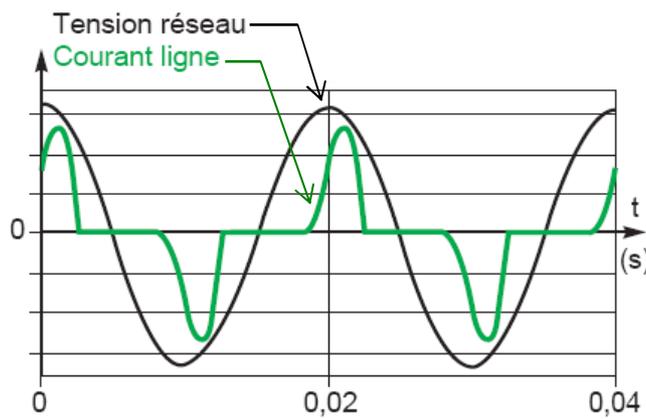
### 1 – ANALYSE TEMPORELLE

Tension du réseau (*Tension simple*) et de l'intensité du courant de ligne absorbé par le variateur.

#### 1.1 - Variateur alimenté en triphasé.



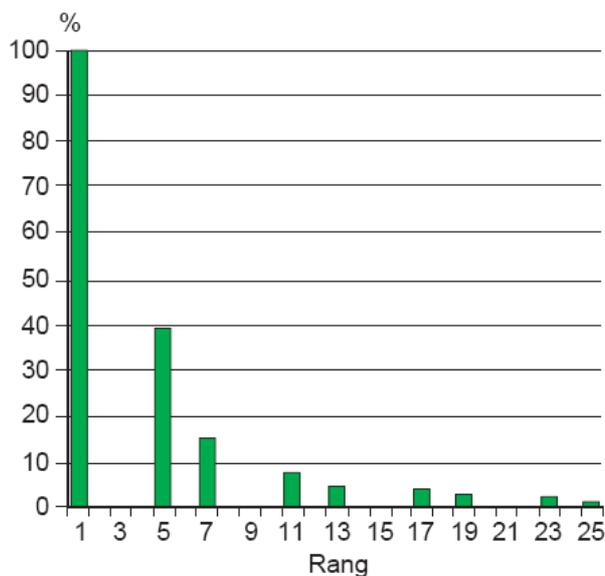
#### 1.2 - Variateur alimenté en monophasé



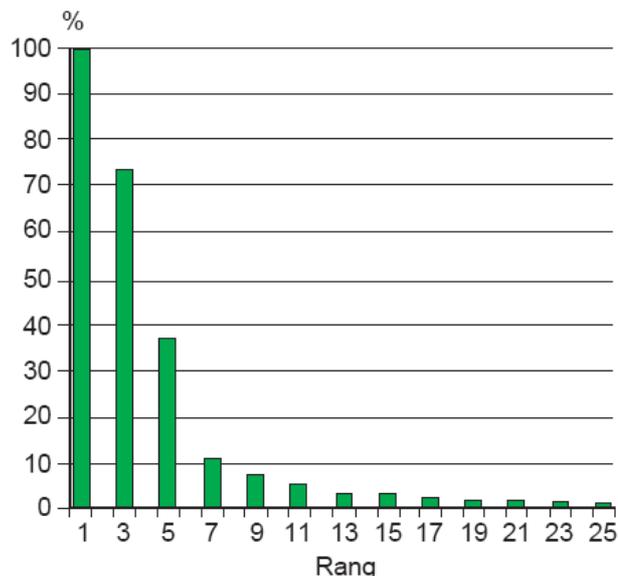
### 2 – ANALYSE FREQUENTIELLE

Spectre en amplitude relative de l'intensité du courant de ligne absorbé par le variateur.

#### 2.1 - Variateur alimenté en triphasé.



#### 2.2 - Variateur alimenté en monophasé



**Rang=1** ⇒ Fondamental de fréquence  $f_0 = 50$  Hz ; **Rang=R** ⇒ Harmonique de fréquence  $f_R = Rf_0$ .

D'après la documentation Schneider - Cahier Technique Schneider Electric n°204.

# Variateur de vitesse pour moteurs asynchrones

Ce variateur peut fonctionner en mode contrôle vectoriel ou en mode V/f.

Il utilise un pont onduleur à transistors IGBT.

## 1 - CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES – DIGIDRIVE SK 200 V – LS

Tableau 1

Calibre DIGIDRIVE SK	Référence CT	Puissance nominale du moteur		Tension et fréquence d'alimentation	Courant d'entrée à pleine charge		Courant d'entrée maximum permanent		100 % de la valeur efficace (RMS) du courant de sortie	Surcharge de 150 % pendant 60s
		kW	hp		A		A			
					1 ph	3 ph	1 ph	3 ph	Courant de sortie	
0,5M	SKA1200025	0,25	0,33	Monophasé 200 à 240VAC ±10% 48 à 62Hz	4,3	-	-	-	1,7	2,6
1M	SKA1200037	0,37	0,5		5,8	-	-	-	2,2	3,3
1,2M	SKA1200055	0,55	0,75		8,1	-	-	-	3	4,5
1,5M	SKA1200075	0,75	1		10,5	-	-	-	4	6
2M/TL	SKBD200110	1,1	1,5	Mono/Tri 200 à 240VAC ±10% 48 à 62 Hz	14,2	6,7	-	9,2	5,2	7,8
2,5M/TL	SKBD200150	1,5	2		17,4	8,7	-	12,6	7	10,5
3,5M/TL	SKCD200220	2,2	3		23,2	11,9	-	17	9,6	14,4

Tableau 2

Calibre DIGIDRIVE SK	Référence CT	Fusible d'entrée recommandé		Section câble de contrôle		Section câble d'entrée recommandée				Section câble moteur recommandée		Section résistance de freinage recommandée	
		A		mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>		AWG		mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG
		1 ph	3 ph			1 ph	3 ph	1 ph	3 ph				
0,5M	SKA1200025	6	-	>0,5	20	1	-	16	-	1	16	1	16
1M	SKA1200037	10	-			1,5	-	14	-				
1,2M	SKA1200055	10	-			2,5	1,5	12	14				
1,5M	SKA1200075	16	-			2,5	1,5	12	14				
2M/TL	SKBD200110	16	10	>0,5	20	4,0	2,5	10	12	1,5	14	1,5	14
2,5M/TL	SKBD200150	20	16			1,5	14						
3,5M/TL	SKCD200220	25	20			1,5	14						

## 2 - CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES – DIGIDRIVE SK 400 V – LS

Tableau 3

Calibre DIGIDRIVE SK	Référence CT	Puissance nominale du moteur		Tension et fréquence d'alimentation	Courant d'entrée à pleine charge	Courant d'entrée maximum permanent	100 % de la valeur efficace (RMS) du courant de sortie	Surcharge de 150 % pendant 60s
		kW	hp					
					A	A	A	A
1T	SKB3400037	0,37	0,5	Triphasé 380 à 480VAC ±10% 48 à 62Hz	1,7	2,5	1,3	2
1,2T	SKB3400055	0,55	0,75		2,5	3,1	1,7	2,6
1,5T	SKB3400075	0,75	1		3,1	3,8	2,1	3,2
2T	SKB3400110	1,1	1,5		4	4,6	2,8	4,2
2,5T	SKB3400150	1,5	2		5,2	5,9	3,8	5,7
3,5T	SKC3400220	2,2	3		7,3	9,6	5,1	7,7
4,5T	SKC3400300	3,0	3		9,5	11,2	7,2	10,8
5,5T	SKC3400400	4,0	5		11,9	13,4	9	13,5

Tableau 4

Calibre DIGIDRIVE SK	Référence CT	Fusible d'entrée	Section câble de contrôle		Section câble d'entrée recommandée		Section câble moteur recommandée		Section résistance de freinage	
		A	mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG
1T	SKB3400037	6	≥ 0,5	20	1	16	1	16	1,5	14
1,2T	SKB3400055									
1,5T	SKB3400075									
2T	SKB3400110									
2,5T	SKB3400150	10								
3,5T	SKC3400220									
4,5T	SKC3400300	16								
5,5T	SKC3400400									

D'après la documentation Leroy Somer.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS  
SESSION 2009**

---

**EPREUVE E4  
MOTORISATION DES SYSTEMES**

DOSSIER TRAVAIL

---

**POSTE D'ENFOURNEMENT**

Ce dossier comporte 7 pages.

Temps conseillés

Lecture : 15 min

Partie 1 : 70 min

Partie 2 : 15 min

Partie 3 : 80 min

## 1 – DIMENSIONNEMENT DE LA MOTORISATION.

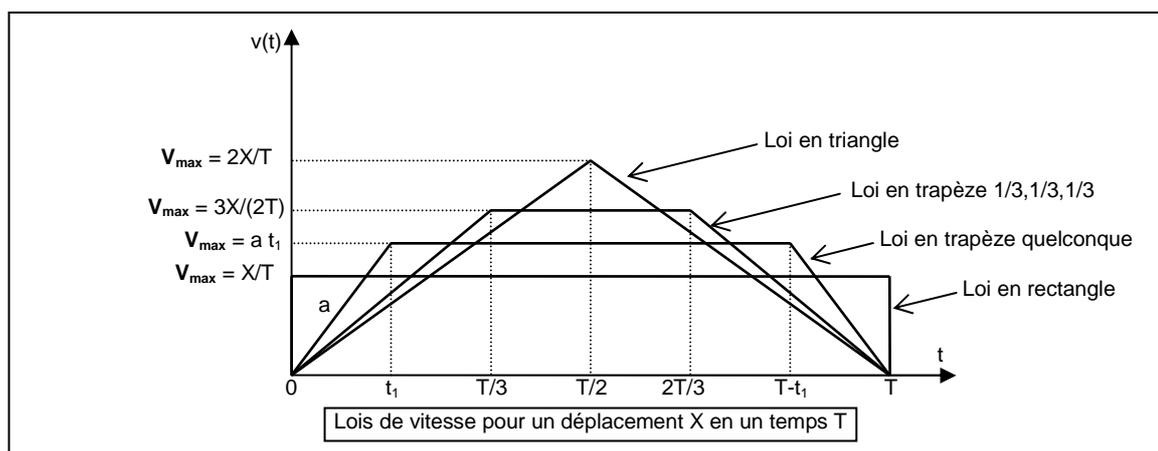
Les objectifs de cette partie sont de :

- choisir une loi de commande qui permette de minimiser la puissance à fournir pour obtenir le déplacement souhaité.
- déterminer la puissance pour motoriser les deux chariots au moyen de deux actionneurs identiques.

### 1.1 – CHOIX DE LA LOI DE COMMANDE.

Pour effectuer un déplacement  $X$  en un temps donné  $T$ , il existe une infinité de lois en trapèze utilisables, comprises entre deux extrêmes : la loi en triangle et la loi en rectangle.

La figure représente les deux cas extrêmes, un cas quelconque de loi en trapèze et le cas particulier de la loi en trapèze  $1/3, 1/3, 1/3$  qui présente un intérêt particulier.



#### Remarques :

- Les aires délimitées par les différents profils sont égales car elles représentent le même déplacement  $X$  (intégrale de la vitesse entre  $0$  et  $T$ ).
- La pente  $a$  d'une loi de vitesse correspond à l'accélération.
- Loi en rectangle : la vitesse  $V_{max}$  est minimisée mais l'accélération  $a$  est théoriquement infinie au démarrage (pente verticale).
- Loi en triangle : la vitesse  $V_{max}$  atteint la plus grande valeur mais l'accélération  $a$  est minimisée.
- Loi en trapèze : cas intermédiaire entre les deux cas extrêmes.

#### Données :

Pour la loi en triangle sur l'intervalle  $[0 ; T/2]$ , les expressions littérales de la vitesse maximale notée  $V_{max}$  et de l'accélération notée  $a$  sont :

$$V_{max} = 2X / T \quad a = 4X / T^2$$

#### Question 1 :

Feuille de copie

Déduire, pour la loi en triangle, la puissance maximale notée  $P_{max}$  nécessaire pour déplacer une charge de masse  $m$  (résultat en fonction de  $m$ ,  $X$  et  $T$ ).

#### Question 2 :

DR1

On peut démontrer que pour la loi en trapèze  $1/3, 1/3, 1/3$  sur l'intervalle  $[0 ; T/3]$ , on obtient :

$$V_{max} = 3X / (2T) \quad a = 9X / (2T^2) \quad P_{max} = 27X^2m / (4T^3)$$

Effectuer toutes les applications numériques proposées sur le document réponse.

#### Question 3 :

Feuille de copie

A l'aide des résultats numériques précédents, justifier l'intérêt de la loi en trapèze  $1/3, 1/3, 1/3$  par rapport à la loi en triangle.

En déduire un choix d'une loi de commande.

#### Question 4 :

Feuille de copie

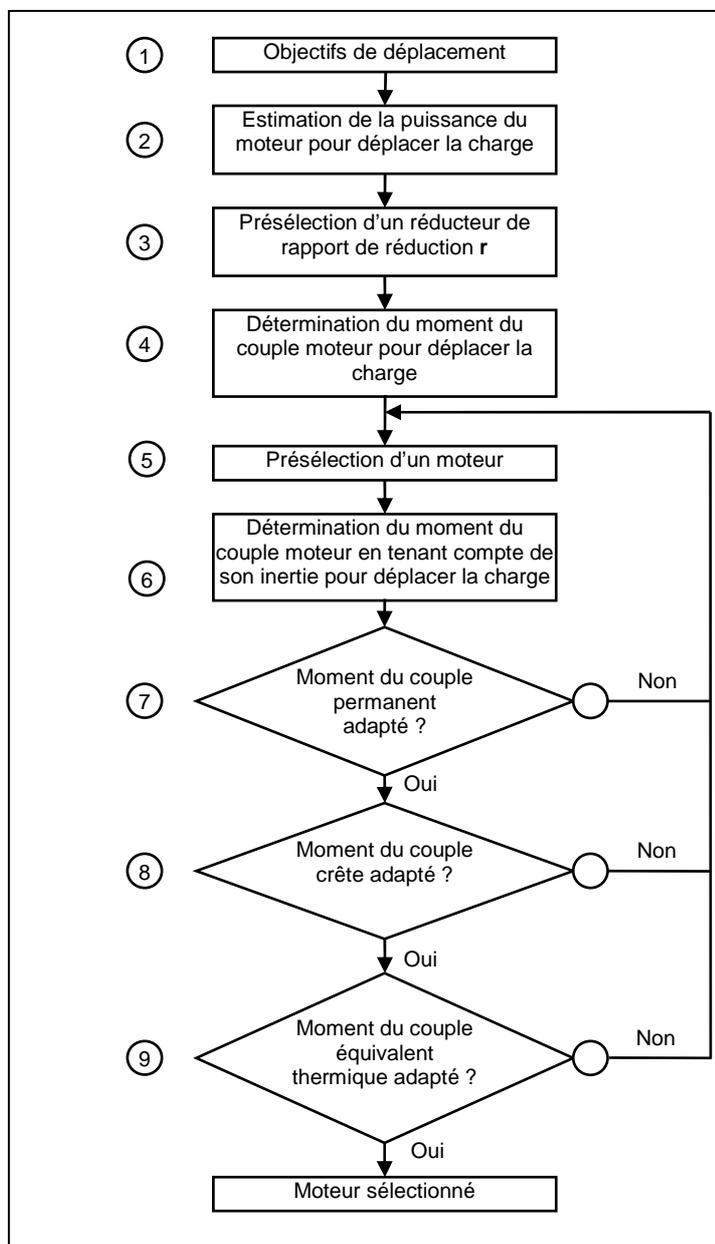
On désire installer le même type de moteur sur les deux types de chariots.

Quel est le chariot qu'il faudra étudier en priorité ? Justifier.

## 1.2 – METHODE DE CHOIX ET DE DIMENSIONNEMENT.

Cette méthode peut se représenter au moyen de l'organigramme ci-dessous qui, sans être exhaustif, met en évidence les rebouclages inévitables dus aux interactions entre les composants. Chaque étape de la méthode, repérée par un numéro, est ensuite explicitée.

**Remarque :** On étudiera seulement les étapes de 2 à 7.



### 1.2.1 - Objectifs de déplacement (étape 1)

**Données :**

- Loi de vitesse : **Loi en trapèze 1/3, 1/3, 1/3.**
- Déplacement : **X = 510 mm.**
- Temps de déplacement : **T = 3,00 s.**
- Vitesse maximum :  **$V_{\max} = 0,255 \text{ m.s}^{-1}$ .**
- Accélération :  **$a = 0,255 \text{ m.s}^{-2}$ .**

**1.2.2. - Estimation de la puissance du moteur pour déplacer la charge (étape 2).**

Ce calcul permet de prédéfinir la gamme dans laquelle le moteur sera choisi.

**Données :**

- Masse de la charge (deux bacs de cuisson et partie mobile du chariot) :  $m = 157 \text{ kg}$ .
- Rendement global estimé de la chaîne cinématique :  $\eta_g = 0,70$ .
- Chariot d'entrée : monté sur une glissière *Compact Rail Rollon* à 4 patins taille 28, l'effort total s'exerçant sur les 4 patins sera noté  $F=14,3N$ .

**Question 5:**

Feuille de copie

Calculer la puissance maximale **permanente**  $P_p$  nécessaire que doit fournir le moteur (en fonction de  $V_{max}$ ,  $F$  et  $\eta_g$ ) pour faire avancer la charge (le chariot est animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme). Montrer que  $P_p = 5,21 \text{ W}$ .

**Question 6:**

Feuille de copie

Calculer la puissance maximale **d'accélération**  $P_a$  nécessaire que doit fournir le moteur (en fonction de  $V_{max}$ ,  $a$ ,  $m$  et  $\eta_g$ ) pour faire accélérer la charge (le chariot est animé d'un mouvement de translation rectiligne uniformément accéléré). Montrer que  $P_a = 14,6 \text{ W}$ .

**Question 7:**

Feuille de copie

Pour estimer la puissance maximale **totale** que doit fournir le moteur pour déplacer la charge, on se place à l'instant  $t = T/3$ . Justifier ce choix.

**Question 8:**

Feuille de copie

En déduire numériquement la puissance maximale **totale**  $P_t$  que doit fournir le moteur pour déplacer la charge. Cette puissance maximale **totale** ne tient pas compte de l'inertie de toute la chaîne cinématique (réducteur et système poulies courroie) et de l'inertie du moteur.

**1.2.3. - Présélection d'un réducteur de rapport de réduction :  $r$  (étape 3).**

Les choix relatifs à cette étape ont été effectués par le Bureau d'Etude qui a retenu :

- Moteur triphasé asynchrone à rotor à cage 4 pôles :  $n_n = 1380 \text{ tr.min}^{-1}$ .
- Vitesse maximale de la charge:  $V_{max} = 0,255 \text{ m.s}^{-1}$ .
- Diamètre de la poulie *Binder* Al-25, montée sur l'arbre de sortie du réducteur:  $d_p = 52 \text{ mm}$ .

Le résultat de cette étude conduit à un rapport de réduction  $r=15$ , un facteur de service  $K= 5,16$ , correspondant à la référence M 2100-09.

**Cette partie ne fait donc pas l'objet de question.****1.2.4. - Détermination du moment du couple moteur pour déplacer la charge (étape 4).**

A l'aide d'un logiciel de simulation de comportement des systèmes mécaniques, on réalise une étude qui tient compte de l'inertie de toute la chaîne cinématique (réducteur et système poulies courroie) mais qui ne tient pas compte de l'inertie du moteur (encore non connue à ce stade).

**Question 9:**

DT6  
DR1

On donne la courbe du moment du couple moteur  $C_m$  nécessaire pour déplacer la charge en fonction du temps.

Relever les trois valeurs principales valeurs de  $C_m$  et les reporter sur le document réponse.

**Question 10:**

DT6  
DR1

Le moment du couple moteur  $C_m$  est la somme d'un moment de couple **permanent**  $C_{mp}$  et d'un moment de couple **d'accélération**  $C_{ma}$ . On a la relation :  $C_m = C_{mp} + C_{ma}$ .

Afin de vérifier la cohérence de la courbe obtenue, déduire à l'aide de la relation ci-dessus, les différentes valeurs de  $C_{mp}$  et de  $C_{ma}$  et les reporter sur le document réponse.

**Question 11:**

DT6

Feuille de copie

Relever, sur la courbe, le moment du couple moteur maximal pour déplacer la charge  $C_{max}$ .

**1.2.5. - Présélection d'un moteur (étape 5).**

On effectue la présélection du moteur : Moteur type **LS 63 M** d'une puissance nominale de **120 W** à **50 Hz**. Le moment du couple moteur doit être supérieur au moment du couple maximal  $C_{max}$  déterminé précédemment car il faut encore tenir compte de la propre inertie du moteur.

**Question 12 :**

DT5

Feuille de copie

Justifier la présélection du moteur en utilisant le document constructeur.

**1.2.6. - Détermination du moment du couple moteur en tenant compte de son inertie pour déplacer la charge (étape 6).**

On réalise une nouvelle étude par simulation qui tient compte de l'inertie de toute la chaîne cinématique (réducteur et système poulies courroie) et de l'inertie du moteur.

**Question 13:**

DT6

Feuille de copie

On donne la courbe du moment du couple moteur  $C'_m$  nécessaire pour déplacer la charge en fonction du temps.

Relever sur la courbe le moment du couple moteur maximal  $C'_{max}$  pour déplacer la charge.

**1.2.7. - Vérification du moment du couple permanent (étape 7).****Question 14 :**

DT5

Feuille de copie

En utilisant le document constructeur, le moteur présélectionné convient-il toujours ? Justifier.

**2 – CHOIX D'UN DETECTEUR PHOTO-ELECTRIQUE.**

En fin de course de chaque déplacement, la détection de la position du chariot est assurée par un détecteur photoélectrique.

**Question 15 :**

Feuille de copie

Citer un autre type de détecteur que l'on aurait pu envisager d'utiliser.

Justifier le choix du détecteur photoélectrique.

**Question 16 :**

Feuille de copie

Le détecteur photoélectrique est de type reflex. Pourquoi est-il mieux adapté qu'un détecteur de type barrage ?

**Question 17 :**

DR2

Le principe du détecteur photoélectrique (système « reflex ») ainsi qu'une partie du circuit électrique sont présentés sur le document réponse.

En présence de lumière, le dipôle CE (sortie de PHT) est équivalent à un interrupteur fermé (KF).

En l'absence de lumière, le dipôle CE est équivalent à un interrupteur ouvert (KO).

Compléter le tableau 1 du document réponse.

### **Question 18 :**

Feuille de copie

DR2

L'étude conduit aux contraintes suivantes concernant le choix du détecteur photoélectrique : système reflex, alimentation continue, sortie statique, encombrement minimum.

Entourer la référence du détecteur adapté dans le tableau 2 du document réponse.

## **3 – COMMANDE DE LA MOTORISATION.**

### **3.1 – CARACTERISTIQUE MECANIQUE DU MOTEUR ASYNCHRONE.**

Dans cette partie, l'alimentation du moteur est assurée par un réseau triphasé équilibré qui délivre des tensions sinusoïdales de fréquence  $f_0$  et dont la valeur efficace d'une tension simple est  $V_0$ .

#### **3.1.1 - Influence de la fréquence du réseau d'alimentation.**

En l'absence de charge mécanique et en première approximation, la fréquence de rotation  $n_0$  de l'arbre du moteur asynchrone est égale à la fréquence de synchronisme  $n_{s0}$ .

### **Question 19 :**

Feuille de copie

Ecrire la relation entre la fréquence  $f_0$  du réseau d'alimentation, le nombre  $p$  de paires de pôles du stator et la fréquence de synchronisme  $n_{s0}$ , exprimée ici en  $\text{tr.s}^{-1}$ .

### **Question 20 :**

Feuille de copie

Comment varie la fréquence de rotation d'un moteur asynchrone donné, lorsque la fréquence d'alimentation de son stator varie ?

### **Question 21 :**

Feuille de copie

Calculer la fréquence  $f_0$  du réseau d'alimentation d'un moteur asynchrone **4 pôles** afin d'obtenir une fréquence de synchronisme  $n_{s0}$  égale à **1500 tr.min<sup>-1</sup>**.

#### **3.1.2 - Etat et stabilité du système électromécanique.**

En présence d'une charge mécanique, l'intersection des caractéristiques mécaniques du moteur asynchrone et de la charge définit l'état du système électromécanique étudié.

Le point d'intersection des deux caractéristiques est appelé point de fonctionnement.

Afin d'assurer une **marge de stabilité** au fonctionnement du système, on limite volontairement le moment du couple moteur disponible à la valeur  $C_{MU} = K_0 C_M$ .

### **Question 22 :**

DR3

Les caractéristiques mécaniques du moteur asynchrone  $C = F(n)$  et de la charge  $C_c = F_c(n)$  sont respectivement représentées sur le document réponse DR3. Au point de fonctionnement  $F_0$ , le rendement  $\eta$  du moteur asynchrone vaut **0,56**. Compléter le tableau du document réponse DR3.

#### **3.1.3 - Loi de commande du moteur asynchrone.**

Le moment du couple maximum  $C_M$  développé par le moteur asynchrone vaut :  $C_M = K_2 (V_0 / f_0)^2$ .

Les grandeurs  $V_0$  et  $f_0$  sont supposées réglables, elles sont alors notées  $V$  et  $f$ .

### **Question 23 :**

Feuille de copie

Montrer que si on impose, pour une plage de fréquence donnée, la relation  $V = K_M f$  avec  $K_M = C^{te}$ , le moment du couple maximum  $C_{MU}$  reste constant, quelle que soit la valeur de la fréquence  $f$ .

### **Question 24 :**

Feuille de copie

Sachant que  $V = V_0 = 230 \text{ V}$  et  $f = f_0 = 50 \text{ Hz}$ , calculer la valeur de la constante  $K_M$ , préciser l'unité.

### 3.2 – MOTEUR ASYNCHRONE ALIMENTÉ PAR LE VARIATEUR ÉLECTRONIQUE.

Le bureau d'étude envisage d'utiliser un variateur électronique pour commander le moteur asynchrone choisi. Afin de respecter les normes relatives à la compatibilité électromagnétique, le cahier des charges de l'installation impose que le taux de distorsion harmonique THD soit inférieur à 0,5.

#### 3.2.1 - Moteur asynchrone en charge.

Compte tenu de l'étude menée dans la première partie du problème, le moment du couple résistant maximum  $C_c$ , imposé au moteur asynchrone par la charge mécanique, vaut **0,26 N.m** pour une fréquence de rotation de l'arbre  $n = 1405 \text{ tr.min}^{-1}$ .

#### Question 25 :

Feuille de copie

Dans ces conditions, calculer la puissance électrique PE absorbée par le moteur asynchrone, sachant que son rendement  $\eta$  vaut **0,56**.

#### Question 26 :

Feuille de copie

En admettant que le stator triphasé soit alimenté en régime sinusoïdal 230V/400V, calculer l'intensité efficace I du courant de ligne absorbée par le moteur asynchrone, sachant que dans ce cas son facteur de puissance  $\cos\phi$  vaut **0,70**.

#### 3.2.2 - Choix du variateur électronique.

#### Question 27 :

DT7

Feuille de copie

Les variateurs électroniques sont alimentés en triphasé ou en monophasé. Le document technique 7 présente l'analyse temporelle et l'analyse fréquentielle de l'intensité du courant de ligne absorbé par un variateur.

Afin de quantifier la pollution harmonique du réseau d'alimentation, on définit le taux de distorsion harmonique **THD** du signal intensité.

En négligeant les termes de rang supérieur à l'harmonique 11, on a :

$$\text{THD}^2 = \sum_{R=3}^{R=11} \left( \frac{I_R}{I_1} \right)^2$$

Les données numériques extraites du document technique sont consignées ci-dessous :

- Cas d'un variateur alimenté en **triphasé** :

<b>R (rang)</b>	3	5	7	9	11
<b>(I<sub>R</sub> / I<sub>1</sub>)</b>	0	0,40	0,15	0	0,08

- Cas d'un variateur alimenté en **monophasé** :

<b>R (rang)</b>	3	5	7	9	11
<b>(I<sub>R</sub> / I<sub>1</sub>)</b>	0,74	0,37	0,11	0,07	0,05

Dans ces deux cas, calculer les taux de distorsion harmonique, notés **THD<sub>TRI</sub>** et **THD<sub>MONO</sub>**.

Comparer les valeurs obtenues.

Que conclure en terme de pollution harmonique ?

#### Question 28 :

Feuille de copie

Rappel : le cahier des charges de l'installation impose que le taux de distorsion harmonique **THD** soit inférieur à **0,50**.

Quel réseau doit-on adopter pour alimenter le variateur : réseau triphasé ou réseau monophasé ?

**Question 29 :**

DT8

Feuille de copie

Le document technique 8 présente les caractéristiques des variateurs « Digidrive » de Leroy-Somer. Justifier le choix du variateur **SKB 34 000 37**, sachant que la puissance nominale du moteur choisi est **120 W**.

**3.2.3 - Structure physique du variateur électronique.****Question 30 :**

DR3

Le document réponse DR3, présente la structure physique du variateur électronique **VAR**.

Le circuit de puissance de ce convertisseur statique est réalisé par la mise en cascade de trois éléments fonctionnels notés **EF<sub>1</sub>**, **EF<sub>2</sub>** et **EF<sub>3</sub>**.

L'entrée est alimentée par le réseau triphasé [**L<sub>U</sub>**, **L<sub>V</sub>**, **L<sub>W</sub>**]. La sortie [**L<sub>1</sub>**, **L<sub>2</sub>**, **L<sub>3</sub>**] commande le moteur.

Sur le document réponse, compléter la structure du redresseur triphasé **EF<sub>1</sub>**.

**Question 31 :**

Feuille de copie

Quelles sont les fonctions réalisées par les systèmes **EF<sub>2</sub>** et **EF<sub>3</sub>** ?

**3.3 - REALISATION DE LA MOTORISATION.****Question 32 :**

DR4

DT8

Compléter, sur le document réponse DR4, le couplage du moteur asynchrone ainsi que les deux tableaux.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
CONCEPTION DE PODUITS INDUSTRIELS  
SESSION 2009**

---

**EPREUVE E4  
MOTORISATION DES SYSTEMES**

DOSSIER REPONSE

---

**POSTE D'ENFOURNEMENT**

Ce dossier comporte 4 pages.

**DR1 :****Question 2 :**

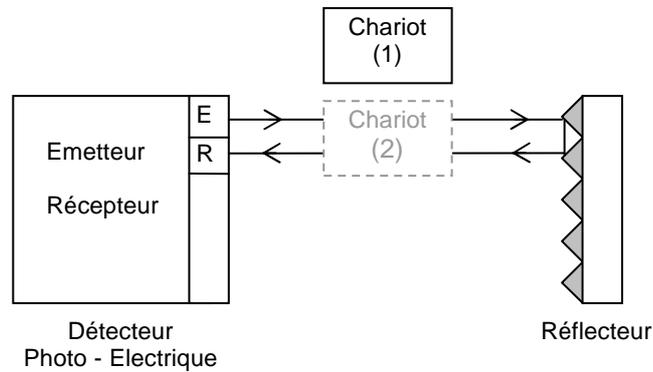
	Loi en triangle	Loi en trapèze 1/3, 1/3, 1/3	
	Chariot d'entrée ou de sortie $X_{ce} = 510 \text{ mm}$ $T = 3 \text{ s}$	Chariot d'entrée ou de sortie $X_{ce} = 510 \text{ mm}$ $T = 3 \text{ s}$	Chariot de transfert  $X_{ct} = 455 \text{ mm}$ $T = 3 \text{ s}$
$m = 2 m_b + m_{ce} \text{ ou } m_{ct}$ (Masse de <b>deux</b> bacs de cuisson et de la partie mobile du chariot)	157 kg	157 kg	166 kg
$V_{max} \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$			
$a \text{ (m.s}^{-2}\text{)}$			
$P_{max} \text{ (W)}$			

**Questions 9 et 10 :**

Différentes phases	$C_m \text{ (N.m)}$	$C_{ma} \text{ (N.m)}$	$C_{mp} \text{ (N.m)}$
Phase d'accélération $0 < t \leq T/3$			
Phase à vitesse constante $T/3 < t \leq 2T/3$			
Phase de décélération $2T/3 < t \leq T$			

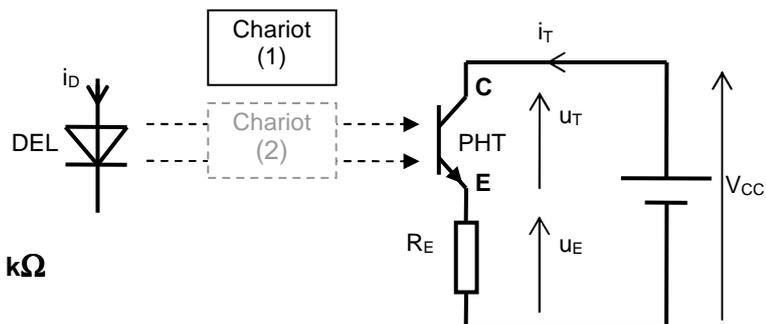
**DR2 :**

**DETECTEUR PHOTO-ELECTRIQUE - SYSTEME « REFLEX »**



**CIRCUIT ELECTRIQUE PARTIEL**

Le circuit CE (collecteur-émetteur) du phototransistor se comporte ici comme un interrupteur supposé parfait et commandé par la lumière émise par la diode électroluminescente DEL.



$V_{CC} = 24 \text{ V} ; R_E = 1,20 \text{ k}\Omega$

**Question 17 :**

Tableau 1

Position du chariot	Etat du PHT KF ou KO	$u_T$ ( V )	$u_E$ ( V )	$i_T$ ( mA )
(1)				
(2)				

**Question 18 :**

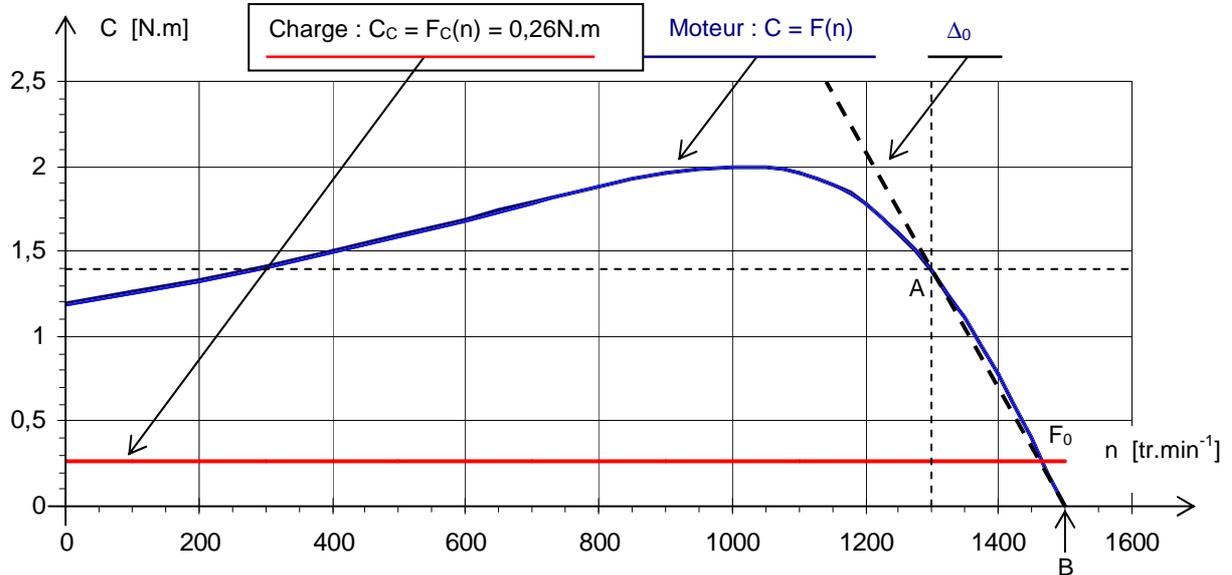
Tableau 2

Référence de la gamme	Barrage	Reflex	Dimensions	Alimentations	Types de Sorties
	Portée en m		en mm	CA : courant alternatif CC : courant continu	
<b>XUL</b>	-	4	18 × 45 × 70	CA	Relais
<b>XUG</b>	8	4	20 × 55 × 78	CA ; CC ; CA/CC	Statique
<b>XUJ</b>	10	6	27 × 89 × 85	CC ; CA/CC	Relais, Statique

**DR3 :**

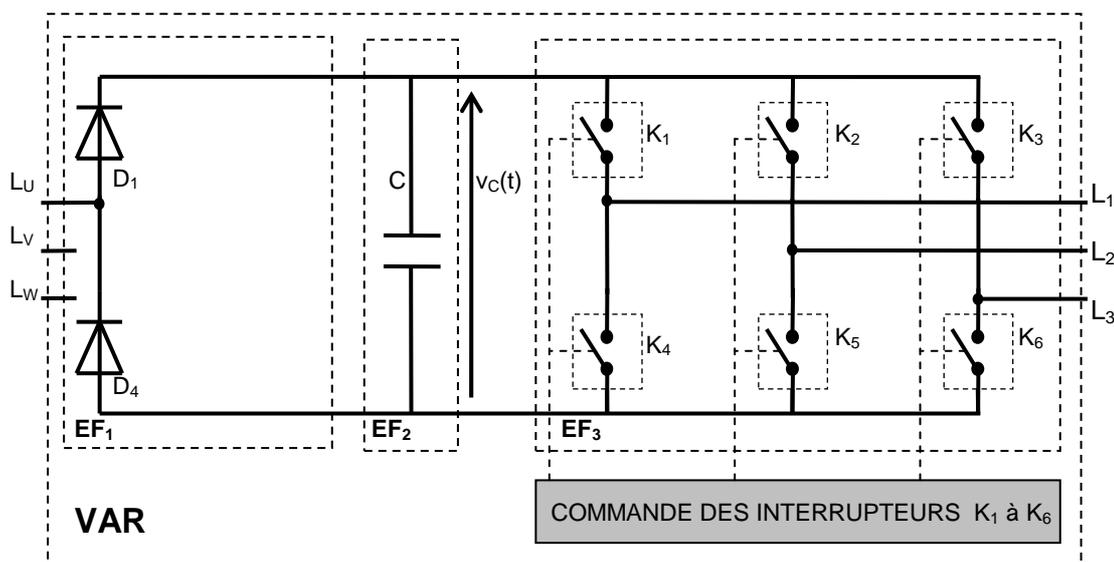
**Question 22 :**

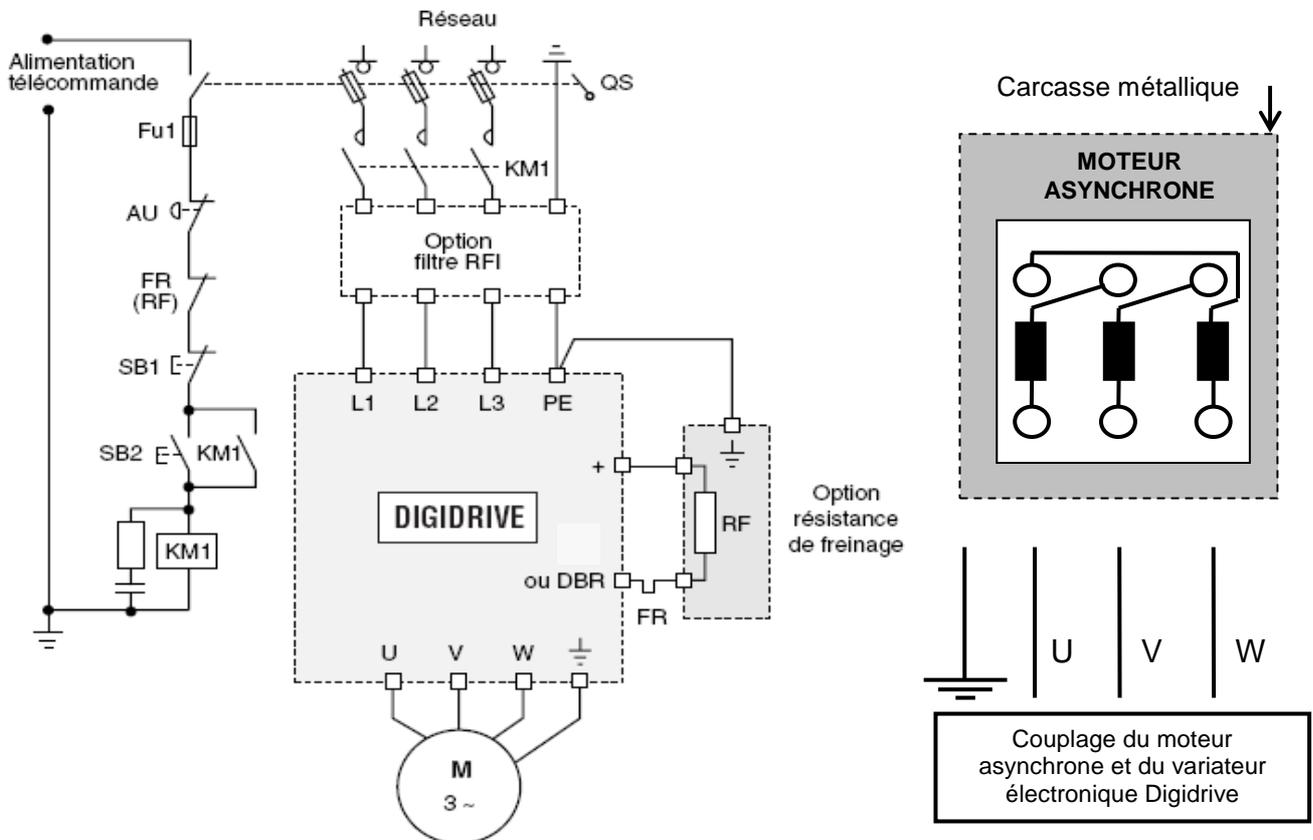
**MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE EN CHARGE [  $f_0 = 50\text{Hz}$  ;  $V_0 = 230\text{V}$  ].**



N°	Grandeurs physiques	Valeurs	Unités
01	Moment du couple de démarrage : $C_D$		
02	Moment du couple maximum : $C_M$		
03	Moment du couple maximum utile : $C_{MU} = K_0 C_M$ ; $K_0 = 0,7$		
04	Moment du couple en charge : $C_C$		
05	Fréquence de synchronisme : $n_0$		tr.min <sup>-1</sup>
06	Nombre de paires de pôles : $p$		
---	Fréquence de rotation en charge : $n_0$	1463	tr.min <sup>-1</sup>

**Question 30:**



**DR4 :****Question 32 :****CIRCUIT DE PUISSANCE DU VARIATEUR ELECTRONIQUE DIGIDRIVE**

**Exemple :** D'après le schéma ci-dessus, le **code** de la résistance de freinage est noté **RF**.

INDIQUER :	REPONSES
Le code de la résistance de freinage	RF
Le code du sectionneur à fusibles	
Le code du bouton d'arrêt d'urgence	
Le code du bouton de mise sous tension	
Le code du bouton de mise hors tension	
Le code du contacteur de ligne	
La tension simple / La tension composée du réseau d'alimentation	

**Remarque :** Voir le document technique **DT8** pour compléter le tableau ci-dessous.

DETERMINER :	REPONSES
Le calibre des fusibles du sectionneur	
La section des conducteurs à l'entrée du Digidrive	
La section des conducteurs à la sortie du Digidrive	
Le couplage du moteur sur le réseau de sortie du Digidrive (U,V,W)	