

---

# Questionnement

---

Barème :

Partie A : 5/20

Partie B : 4/20

Partie C : 7/20

Partie D : 4/20

Technicien au sein de la société TECHMAN vous êtes, dans le cadre du projet de cet empileur, chargé de la partie électrotechnique correspondant à cette application.

- On notera les différents couples par le symbole  $M$ .
- Accélération de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

## A - Détermination de la motorisation du levage

Afin d'améliorer la productivité de l'installation on se propose, dans un premier temps, de calculer l'accélération la plus forte applicable à la porte afin d'éviter le glissement de celle-ci.

### ◆ Saisie de la porte

Le système de pince destiné à saisir les portes est défini sur le document *Doc. 1*. Il est en particulier constitué par un dispositif de 2 vérins pneumatiques double effet, reliés entre-eux par l'extrémité de leur tiges respectives.

**Question A.1.** Consulter la *documentation technique Doc. 1* et déduire l'avantage d'un tel dispositif par rapport à l'utilisation d'un vérin unique.

**Question A.2.** Compléter les fig. 2 et fig. 3 du *document-réponse Question A.2* destinées à expliciter les étapes de fonctionnement de la pince.

Préciser à l'aide d'une flèche les orifices alimentés.

- fig. 1 : V1 et V2 : repos, ouverture maxi
- fig. 2 : V1 : alimenté, V2 : repos
- fig. 3 : V1 et V2 : alimentés, porte saisie

**Question A.3.** Calculer l'effort presseur  $F_s$  en admettant 10% de pertes dues aux frottements.

Données techniques retenues pour cette partie :

- Vérins V1 et V2 : cylindre  $\phi$  80 mm, tige  $\phi$  25 mm
- Alimentation pneumatique : air sec :  $p = 6 \text{ bars}$

### ◆ Calcul de l'accélération maximale

- Données techniques retenues pour cette partie :

Masse de la porte :

$M_p = 120 \text{ kg}$

Accélération de la pesanteur :

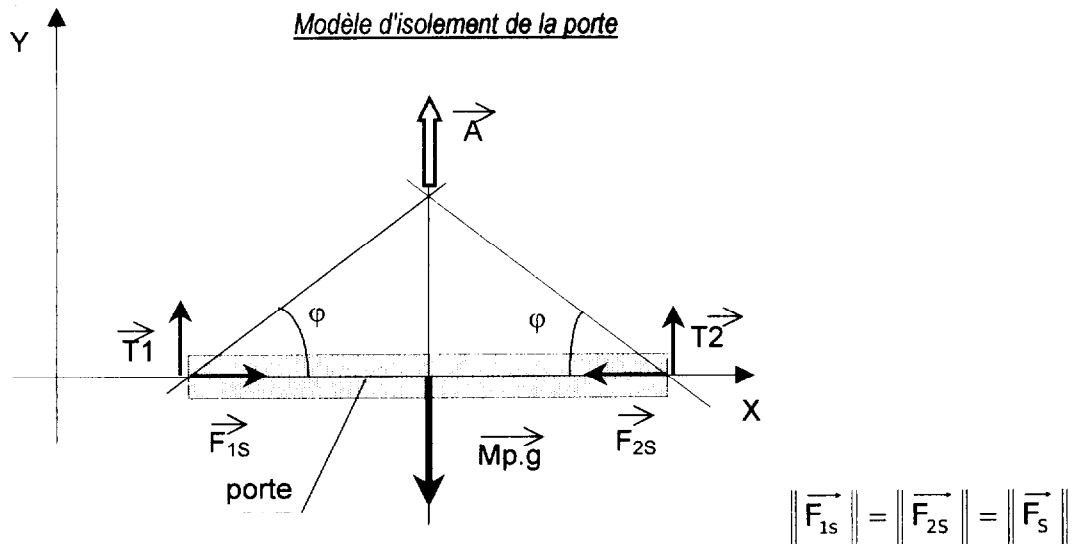
$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Effort presseur (*quel que soit le résultat de Question A.3*):

$F_s = 2400 \text{ N}$

Facteur de frottement pince/porte :

$\mu = \text{tg } \varphi = 0,5$



**Question A.4.** Calculer les composantes tangentielles  $T_1$  et  $T_2$  résultant de l'effort de serrage  $F_s$  et du facteur de frottement.

**Question A.5.** Appliquer le Principe Fondamental de la Dynamique à la porte et calculer l'accélération  $a_{\text{maxi}}$  qu'elle pourra subir en phase de montée.

**Question A.6.** Pour des raisons de sécurité on retient une accélération  $a$  égale à 65% de la valeur de  $a_{\text{maxi}}$ . Calculer  $a$ .

◆ **Calcul des caractéristiques du moteur de levage**

On se propose maintenant de déterminer les caractéristiques mécaniques de la motorisation.

- Quel que soit le résultat de la Question A.6., on considère  $a = 6,5 \text{ m.s}^{-2}$ .

**Question A.7.** Calculer la fréquence de rotation  $N_{\text{maxi}}$  du moteur associée à la vitesse linéaire maximum de la charge.

Il s'agit ensuite de calculer le couple moteur maxi utile  $M_{\text{maxi}}$  (sortie moteur) à l'entrée du réducteur **R**. Celui-ci sera calculé dans la phase de montée de la porte en accélération maximum.

**Question A.8.** Isoler l'ensemble de levage + la porte, appliquer le Principe Fondamental de la Dynamique. Calculer la tension  $F_{Tc}$  du câble de levage.

**Question A.9.** Calculer le couple  $M_P$  sur la poulie motrice **P** en tenant compte du rendement de levage " $\eta_{\text{lev}}$ ".

**Question A.10.** En tenant compte du rendement  $\eta$  du réducteur et en négligeant son inertie, calculer le couple moteur maxi utile  $M_{\text{maxi}}$  (sortie moteur) à l'entrée du réducteur **R**.

**Question A.11.** Choisir en fonction de critères que vous développerez, le type de motorisation que vous envisagez d'utiliser pour le moteur de levage (synchrone ou asynchrone). Voir *Doc. 2*.

**Question A.12.** D'après  $M_{\text{maxi}}$  et  $N_{\text{maxi}}$  précédents, effectuer une première sélection de moteur(s) d'après le tableau de choix *Doc. 3*.

Relever dans *Doc. 3* l'inertie  $J_{\text{mot}}$  du moteur avec frein.

♦ Il s'agit maintenant de déterminer précisément le moteur.

**Question A.13.** Calculer l'accélération angulaire  $\omega'_{M_{\max i}}$  du moteur.

**Question A.14.** En prenant en compte l'inertie supplémentaire du moteur et de son frein, appliquer le Principe Fondamental de la Dynamique au rotor, calculer le nouveau couple maxi  $M_{\max i}$  nécessaire. Confirmer le choix du moteur.

♦ Couple équivalent thermique

Après simulation, les diagrammes de couple en fonction du temps, sans frein et avec frein, apparaissent comme donnés page suivante. Les phases sont décrites ci-dessous :

Temps	$M_{\text{mot}}$ sans frein	$M_{\text{mot}}$ avec frein	Phase
0	46	46	Prise de porte
1	49	49	Décollage de porte
1,45	89	89	Accélération en montée
1,63	46	46	Montée à vitesse constante
2,69	3	3	Fin de montée
2,9	46	0	Translation
5,7	3	3	Début de descente
5,92	46	46	Descente à vitesse constante
7,42	89	89	Fin de descente
7,63	46	46	Dépose de porte
8,63	81	81	Accélération en montée
8,84	38	38	Montée à vitesse constante
10,34	-5	-5	Fin de montée
10,56	38	0	Translation
13,36	-5	-5	Début de descente
13,57	38	38	Descente à vitesse constante
14,67	81	81	Fin de descente
14,88	38	38	Arrêt
15	46	46	Nouveau cycle et prise de porte

On rappelle que le moteur est thermiquement adapté à une application si on a  $M_{\text{eff}} \leq M_0$  ou si  $M_{\text{eff}} \leq M_{\text{ovy}}$  et que d'autre part  $M_{\max i} \leq 3.M_0$

On note :  $M_{\text{eff}}$  = couple thermique en N.m

$M_0$  = couple permanent admissible à vitesse nulle en N.m

$M_{\text{ovy}}$  = couple permanent admissible avec ventilation forcée

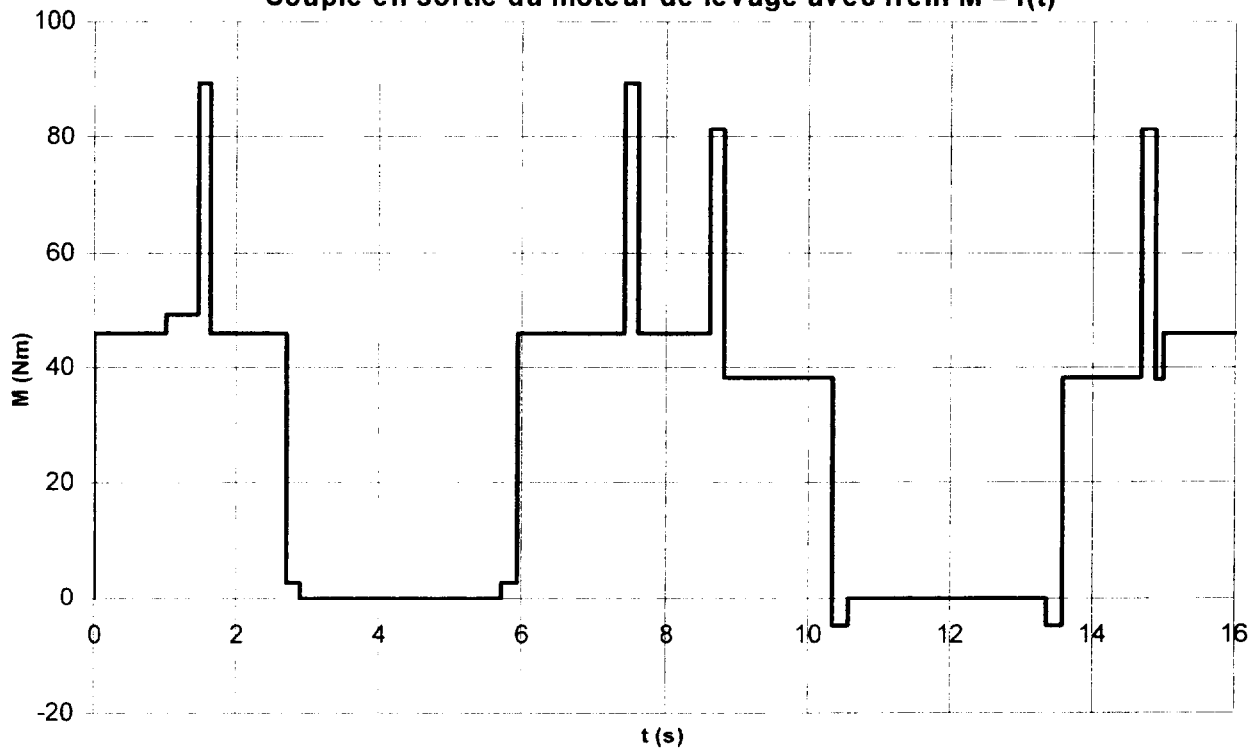
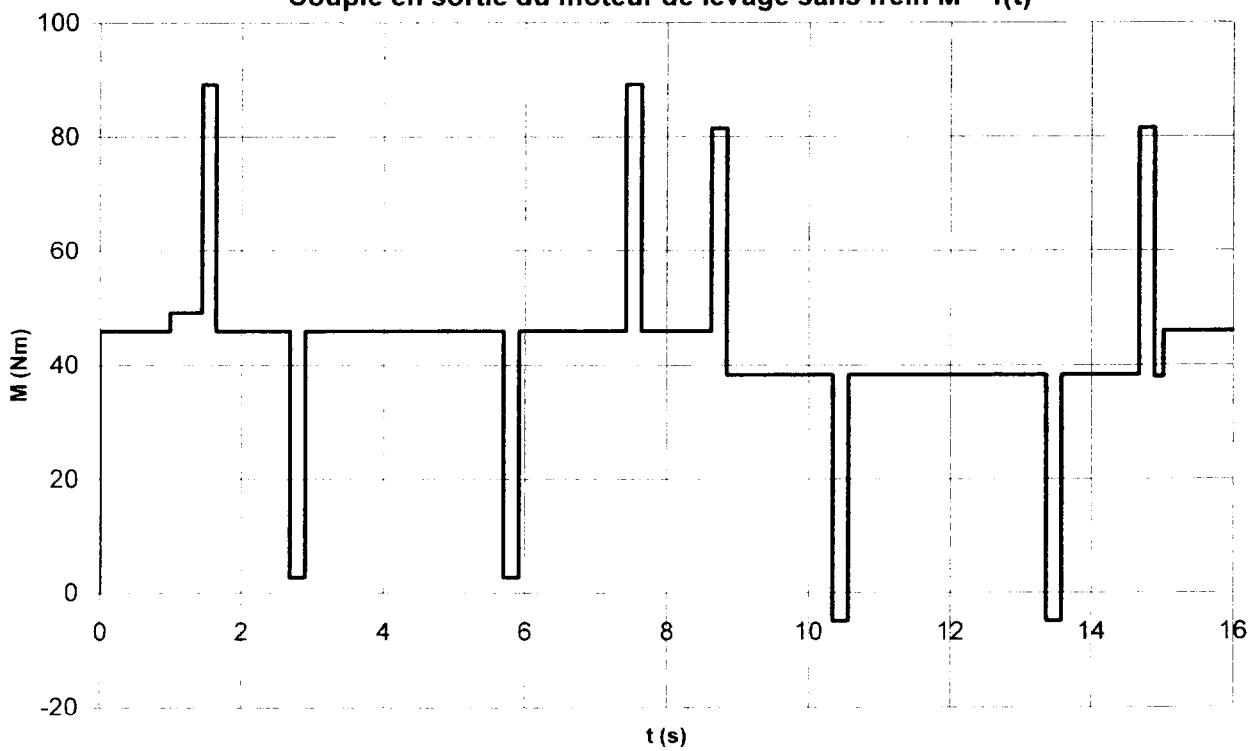
$M_{\max i}$  = couple maxi en N.m

On rappelle que  $M_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} (M_1^2.t_1 + M_2^2.t_2 + \dots + M_n^2.t_n)}$  avec  $T$  = durée totale du cycle en s.

$t_1, t_2, \dots, t_n$  : durée en seconde au cours de laquelle le couple  $M_1, M_2, \dots, M_n$  est appliqué.

**Question A.15.** A partir des résultats de simulation présentés ci-dessus, calculer le couple équivalent thermique  $M_{\text{eff}}$  du moteur avec et sans frein. Comparer ces résultats sur le plan des conditions de mise en œuvre du moteur.

**Question A.16.** La motorisation choisie sera "**moteur non ventilé avec frein**". Justifier ce choix sur le plan technico-économique.

Couple en sortie du moteur de levage avec frein  $M = f(t)$ Couple en sortie du moteur de levage sans frein  $M = f(t)$ 

## B - Le Variateur de levage et son environnement

Pour la suite de l'étude, c'est la solution *avec frein* qui est choisie.

La motorisation choisie est un servomoteur synchrone avec codeur dont la référence est : DFY 112 L 3000 tr/min, associé à un réducteur.

**Question B.1.** Quel type de commande moteur doit-on envisager pour assurer le cahier des charges dans les différentes phases de fonctionnement de cette application ?

**Question B.2.** Choisir le variateur adapté au moteur et à l'application. *Voir Doc. 4.*

### ◆ Ralentissement à la descente

Pendant les phases de descente où la machine est génératrice, le constructeur du variateur propose deux solutions : récupération de l'énergie sur le réseau nécessitant l'achat d'un module particulier, ou dissipation à travers une résistance.

La faible énergie à récupérer ne présentant pas un intérêt suffisant, on choisit de dissiper l'énergie de freinage dans une résistance.

**Question B.3.** Déterminer la durée de service de la résistance de freinage, puis le rapport à la durée de cycle.

**Question B.4.** Calculer la valeur de 150% de la puissance moteur utile.

**Question B.5.** En déduire la référence des matériels nécessaires à la mise en œuvre de cette solution en tenant compte de la limitation de puissance en génératrice.  
*Voir Doc. 5 et Doc. 6.*

### ◆ Protections

Le client souhaite placer en tête du variateur de levage un disjoncteur moteur de type GV3 à bouton poussoir.

**Question B.6.** Indiquer la référence de ce disjoncteur en donnant son courant d'emploi ainsi que le réglage du déclencheur thermique. *Voir Doc. 7.*

**Question B.7.** Compléter le schéma de puissance de l'ensemble moto variateur.  
*Voir Document-réponse Question B.7 et Doc. 8.*

### ◆ Freinage mécanique

Il est nécessaire dans des phases précises du cycle que le moteur soit bloqué par un frein. Celui-ci est à manque de courant. Le client souhaite une *sécurité augmentée* pour l'alimentation du frein du moteur.

Une protection par disjoncteur magnéto thermique sera prévue ; la commande du frein se fait par désexcitation d'une bobine de contacteur KM2.

**Question B.8.** Préciser les phases pendant lesquelles le frein doit être serré.

**Question B.9.** Donner la référence du frein sachant que le courant maxi admissible est de 1,5A d'après *Doc. 9*. Donner la référence du disjoncteur devant protéger l'alimentation du frein. *Voir Doc. 7.*

**Question B.10.** Compléter le schéma de puissance de l'alimentation du frein (*Document-réponse Question B.10*). *Voir Doc. 10.*

## C - Automatismes et positionnement intégrés

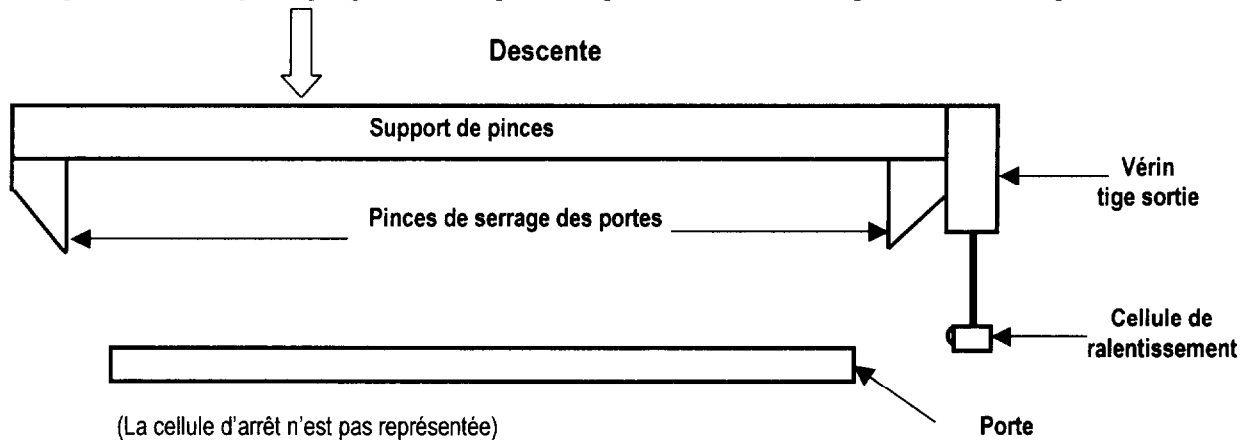
### ◆ Détecteurs de proximité

La hauteur de la pile de portes varie au fur et à mesure que celles-ci sont empilées. Pour s'arrêter, le bras articulé supportant la pince doit d'abord décélérer. Afin de fixer l'instant de décélération, une solution consiste à placer un détecteur de proximité à l'extrémité de la tige d'un vérin simple effet sorti pendant la descente (voir Doc. 1). Le capteur se trouve ainsi plus bas que la pince. Lorsqu'une porte est détectée la descente est ralentie. Le capteur est à environ 10 cm de la porte (voir figure ci-dessous).

Ensuite la pince descend lentement jusqu'à ce qu'un nouveau détecteur de proximité placé sur la pince capte une porte et arrête complètement le bras articulé.

A la montée, la tige du vérin est rentrée.

Les portes sont déjà imprégnées d'un produit qui les blanchit lorsqu'elles sont en pile.



**Question C.1.** En s'aidant de l'aide au choix d'un détecteur, donner la référence du capteur de proximité, permettant le ralentissement. Développer la démarche de choix.

Voir Doc. 11 et Doc. 12.

**Question C.2.** Compléter le schéma pneumatique des vérins de serrage des portes, *Document réponse Question C.2.* Les distributeurs des vérins sont à double pilotage à commande électrique.

### ◆ Schémas de connexions des variateurs

Les variateurs Movidrive Levage et Translation sont connectés à un automate maître Télémécanique TSX37-22, d'une part par le bus de communication RS485 pour échanger paramètres et types de déplacements, d'autre part par des signaux Tout-ou-Rien, désignés ci-dessous :

	MoviDrive Levage	MoviDrive Translation
<i>Entrées :</i>		
DI02	Arrêt montée (TP1)	
DI03	Arrêt descente (TP2)	Départ cycle (Dcy)
DI04	Départ cycle (Dcy)	FdC droit (côté tapis)
DI05	Sécurité descente	FdC gauche
<i>Sorties :</i>		
DB00, compatible API	Frein	Frein
D001, relais	Défaut	Défaut
D002, compatible API	Fin de cycle (FCy)	Fin de cycle (FCy)

Les connecteurs X10 et X13 proposent en outre :

Bornes :	X13	X10
DCOM : Référence pour signaux binaires X13:1...X13:6	7	
VO24 : Source de tension interne 24V, 200mA	8	8
DGND : Potentiel de référence pour signaux binaires	9	2, 10
ST11 : Bus RS485 : TX+/RX+	10	
ST12 : Bus RS485 : TX-/RX-	11	
VI24 : Alimentation externe auxiliaire 19,2...30VDC		9

Le capteurs choisis et mis en œuvre sont :

- détecteur de proximité inductif pour l'arrêt de la montée, réf. II5300, *Doc. 15*
- détecteur photoélectrique de la gamme Osiris XU•P18PP340• pour l'arrêt de la descente,
- détecteur de proximité inductif pour la sécurité descente (courroie détendue), réf. IG5954,
- contacts de fin de course électromécaniques normalement fermés pour les limites de translation droite et gauche.

Les freins de levage et translation sont pilotés par un contacteur.

Les entrées des variateurs sont de type « logique positive ».

Les fins de course fourniront un niveau logique bas lorsqu'ils seront actionnés.

**Question C.3.** Compléter le schéma des entrées et sorties des variateurs sur le document-réponse Question C.3, en mettant en œuvre :

- les cinq capteurs cités ci-dessus,
- la commande du frein de levage,
- le bus de communication.

Les bornes sans connexion de départ n'ont pas à être utilisées.

**Question C.4.** On donne pour les entrées logiques de variateurs :

$R_i = 3,0 \text{ k}\Omega$  ;  $I_E \approx 10 \text{ mA}$  ;  $V_{IH} = +13 \text{ à } +30 \text{ V}$  ;  $V_{IL} = -3 \text{ à } +5 \text{ V}$ .

Vérifier la compatibilité électrique du capteur IG5954 avec l'entrée logique du variateur. *Voir Doc. 15*



### ◆ Architecture de l'automatisme intégré au variateur de translation

L'API n'a pour fonction que la synchronisation des mouvements entre les deux axes, les paramètres de chaque déplacement (accélération, vitesse, position cible) étant contrôlés par chaque variateur, par leurs programmes respectifs.

Les variateurs Movidrive sont équipés du système IPOS®, qui comprend à la fois un **automate** (séquentiel) et une carte de **positionnement** mono-axe.

#### • Caractéristiques de IPOS®

- Exécution d'un programme utilisateur avec jusqu'à 800 lignes de commande « liste d'instructions »
- Mémoire utilisateur de 512 mots de 32 bits nommés **H0** à **H512**
- Traitement des signaux d'entrée/ sortie analogiques et binaires
- Positionnement avec sélection de la vitesse de déplacement et de la rampe de positionnement
- Prise de référence simple grâce aux 8 types de prise de référence intégrés
- Fonctions d'état et de surveillance intégrés : FdC logiciel et FdC matériel, ...
- Fonction Touch Probe (2 entrées rapides  $T_r < 0,2$  ms)
- Liaison série type USS21A (RS-232 et RS-485)

L'API envoie des ordres à destination de l'automate IPOS®-Translation à travers le bus série sous la forme d'une valeur numérique de 1 à 5 dans la variable IPOS® '**H0**'. Cette commande doit être interprétée ainsi :

- 1 : prise de référence : Déplacement relatif arrière de longueur indéfinie (très grande), détection de l'activation du capteur FdC Droit, arrêt, prise d'origine, déplacement jusqu'à la position X<sub>a</sub> (au-dessus de la pile de portes à dépileur) ;
- 2 : Déplacement en mode Auto jusqu'à la position X<sub>Tapis</sub> (fixe) au-dessus du tapis afin de préparer le cycle de dépilage (levage montée- descente), signalement de fin de déplacement ;
- 3 : Déplacement en mode Auto jusqu'à la position X<sub>Pile</sub> (variable selon la pile) afin de préparer le cycle d'empilage (levage montée- descente), signalement de fin de déplacement ;
- 4 : Déplacement arrière en mode manuel, pendant toute la durée du maintien du signal Dcy, limité par une position cible minimale prédéfinie dans le programme lors de l'étude ;
- 5 : Déplacement avant en mode manuel, pendant toute la durée du maintien du signal Dcy, limité par une position cible maximale prédéfinie dans le programme lors de l'étude.
- L'API intégré au variateur lira les paramètres de déplacement dans les variables IPOS® suivantes :  
**H101** (position cible absolue), **H103** (Vitesse) et **H105** (Rampe d'accélération).

Le signalement de fin de déplacement est assuré par la séquence suivante :

- Mise à 1 de la sortie Fcy (Fin de cycle)
- Attente du passage à 0 de l'entrée Dcy
- Mise à 0 de la sortie Fcy.

### ◆ Programmation du variateur de translation

Vous trouverez l'ensemble de la structure du programme du variateur dans le document *Doc. 13*.

Attention : Vous ne donnerez pas vos réponses de programme sur le document technique mais sur le *document-réponse*.

**Question C.5.** Ecrire les trois lignes de programme IPOS® qui permettent d'effectuer le signalement de fin de déplacement. Cette séquence sera étiquetée par un label 'M80' et terminée par une 4<sup>e</sup> instruction 'RET' afin d'être utilisée comme sous-programme.

Votre « listing » complètera le code fourni sur le *Document réponse Question C.5*.

**Question C.6.** Ecrire les trois lignes de programme IPOS® permettant de gérer la commande N°4 : marche manuelle de déplacement (position cible arrière en H105) tant que Dcy est actif, étiquetées 'M40' et complétées par un 'RET'.

Votre « listing » complètera le code fourni sur le *Document réponse Question C.6*.

Afin de faciliter la maintenance du logiciel IPOS®, les paramètres de position cible (Pi), de vitesse (Vi) et d'accélération (Ai), ne seront pas fournis comme argument immédiats des instructions d'affectation du programme, mais lus dans une table de 5 zones contiguës de 3 paramètres **Hnnn** commençant à l'adresse **020** (mots de variables internes) :

H020 : P1	H023 : P2	H026 : P3	H029 : P4	H032 : P5
H021 : V1	H024 : V2	H027 : V3	H030 : V4	H033 : V5
H022 : A1	H025 : A2	H028 : A3	H031 : A4	H034 : A5

**Question C.7.** Quel type d'adressage permet d'affecter, à une variable, une donnée dont l'adresse est fournie par le contenu d'une autre variable ?

**Question C.8.** Décrire l'algorithme (ensemble de calculs) permettant de calculer l'adresse mémoire de la position cible d'un déplacement à partir de l'ordre envoyé par l'API dans **H0**.

**Question C.9.** En déduire les cinq lignes de programme permettant de :

- Recopier préalablement H0 dans H110,
- Assurer le calcul selon l'algorithme défini en *Question C.8*,
- Affecter le résultant à la variable H101.

Votre « listing » complètera le code fourni sur le document réponse *Programmation*

**Question C.10.** Sachant que le codeur associé au moteur compte 4096 points pour un tour, calculer, pour le variateur de *levage*, la position cible (valeur numérique interne au variateur) à fournir pour descendre saisir une porte.

## D - Mise en énergie de l'empileur

Vous déterminerez dans un premier temps les caractéristiques du câble d'alimentation du moteur de levage.

Le câble qui semble à priori convenir est un câble H07 – RN – F.

**Question D.1.** Justifier son choix sur des critères électriques et mécaniques. *Voir Doc. 19.*

Le câble est multiconducteurs, caoutchouc, en cuivre, posé jointif avec l'autre câble alimentant le moto-variateur de translation, dans des goulottes mobiles. On estime la température ambiante à 45°C maximum. On considèrera que les moteurs absorbent le courant nominal de sortie des variateurs. *Voir Doc. 21*

**Question D.2.** Donner la section des conducteurs de ce câble. *Voir Doc. 20.*

Il s'agit maintenant de déterminer le câble et les protections nécessaires à l'alimentation de l'armoire électrique gérant l'empileur.

Le variateur de translation est un MOVIDRIVE MDS 60A0075-5A3-4-00.

Pour tenir compte de la consommation de la commande et des appareils « annexes », il est décidé d'appliquer un coefficient de sécurité de 1,2 au courant total.

Les courants des deux variateurs sont en phase.

**Question D.3.** Déterminer l'intensité absorbée par l'empileur. *Voir Doc. 21.*

**Question D.4.** Donner le type de disjoncteur à placer en tête de l'alimentation.

Quelle courbe sera utilisée pour le choix du disjoncteur ?

Donner la valeur de réglage du thermique. Justifiez votre réponse. *Voir Doc. 22.*

### ◆ Sécurité

A cause des pièces en mouvement dangereuses pour les opérateurs, la norme impose que « l'empileur » soit placé au milieu d'une cage grillagée de 2m de hauteur (voir vue générale de l'empileur page 3/56).

Le client exige deux portes coulissantes avec un interrupteur de sécurité sur une seule des portes, déverrouillage possible par clé afin de pouvoir assurer la maintenance.

D'autre part il est prévu de placer quatre arrêts d'urgence, AU1 sur l'armoire de l'empileur, AU2 sur un pupitre à coté de la porte coulissante droite, AU3 à coté de la porte coulissante gauche, et enfin AU4 sur le pupitre du convoyeur à rouleaux.

La norme impose de mettre en œuvre des blocs logiques de sécurité afin d'assurer la centralisation et le contrôle des arrêts d'urgences et des interrupteurs de sécurité présents sur les machines à risque. Les blocs ou relais de sécurité sont classés en fonction des facteurs de risques estimés en quatre catégories.

**Question C.11.** Déterminer la catégorie à laquelle le relais de sécurité gérant les arrêts d'urgence devra appartenir. Voir *Doc. 16*.

Sélectionner le module de sécurité, d'après *Doc. 17*.

**Question C.12.** Représenter sur le *Document réponse Question C.12*, les arrêts d'urgence associés au relais de sécurité choisi. Voir *Doc. 18*.