

SESSION 2007

## BTS MECANIQUE ET AUTOMATISMES INDUSTRIELS

### EPREUVE E5

Conception détaillée de la partie commande

Sous-épreuve 52

Choix technologiques et description de la réalisation de la partie commande

Durée : 3 h 30 min

Coefficient 2

## UNITE DE MARQUAGE ET DE CONTROLE

TOUS LES DOCUMENTS SONT AUTORISÉS

Documents remis aux candidats :

- Présentation générale \_\_\_\_\_ pages blanches de 1 à 3
- Travail demandé \_\_\_\_\_ pages jaunes de 4 à 10
  - Partie I : Dimensionner, évaluer et choisir un constituant de commande
  - Partie II : Établir les documents techniques de réalisation de la partie commande
- Documents ressources \_\_\_\_\_ pages vertes de 11 à 14
- Document réponse \_\_\_\_\_ page bleue 15

**IMPORTANT** : il est demandé de vérifier que le sujet est complet dès sa mise à disposition.

**Chaque partie sera traitée sur une feuille de copie séparée  
Le document réponse sera remis à la fin de l'épreuve même s'il n'a pas été utilisé**

# UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE

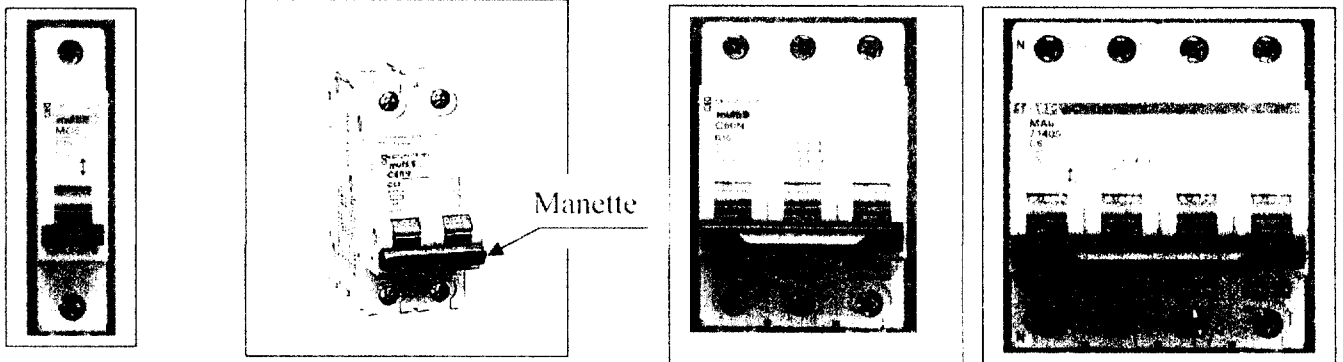
Support de l'étude : ligne de production de disjoncteur C60 de la société MERLIN GERIN.

## LE PRODUIT

Le disjoncteur C60 est un disjoncteur modulaire utilisé pour la protection des circuits dans l'industrie et le tertiaire. Il assure les fonctions suivantes :

- protection contre les courants de court-circuit et de surcharge.
- sectionnement.

Le produit est commercialisé sous quatre formes :



Unipolaire  
1 pôle

Bipolaire  
2 pôles

Tripolaire  
3 pôles

Tétrapolaire  
4 pôles

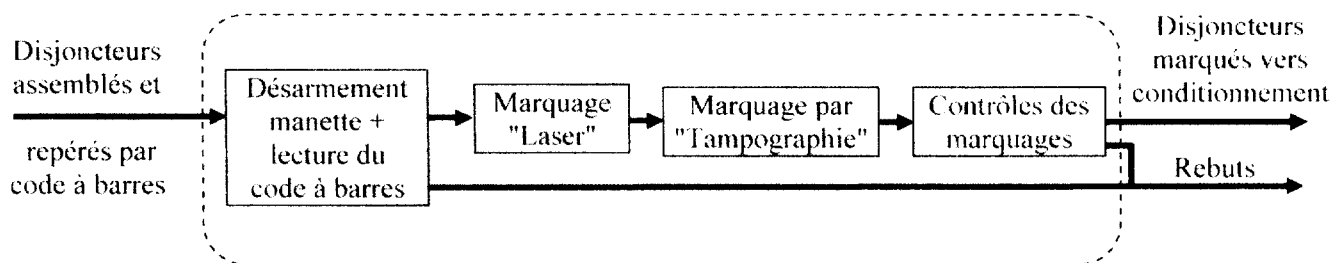
Le pôle est le module de base contenant un contact.

Le disjoncteur (ou produit) est l'appareil composé de 1 à 4 pôles.

Tous les pôles constitutifs de l'appareil sont liés mécaniquement par une manette de manœuvre manuelle.

Le désarmement correspond au sectionnement du circuit électrique passant au travers des pôles.

## STRUCTURE FONCTIONNELLE DE L'UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE



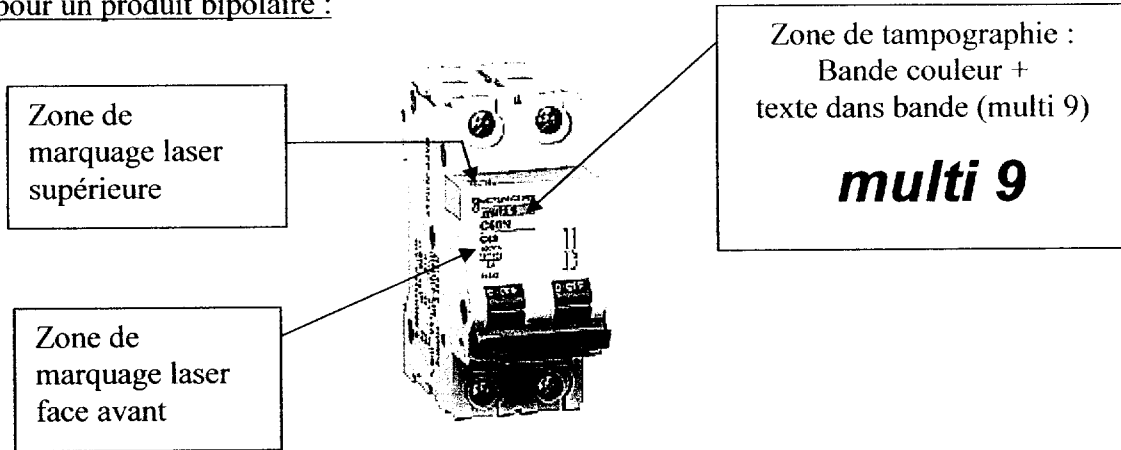
PARTIE ÉTUDIÉE

## ZONES DE MARQUAGE LASER ET DE TAMPOGRAPHIE SUR LE PRODUIT

Tous les produits de la gamme sont repérés à l'aide de trois zones de marquage. Deux marquages sont réalisés à l'aide d'imprimantes laser noir et blanc et le dernier par tamponographie couleur.

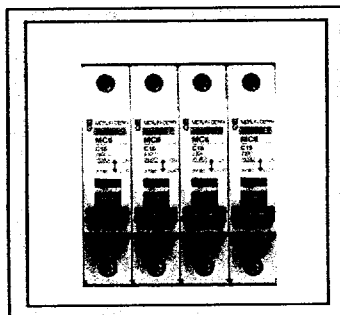
Tampographie : procédé d'impression permettant le report d'encre sur des formes régulières ou irrégulières au moyen d'un tampon en caoutchouc.

Exemple pour un produit bipolaire :

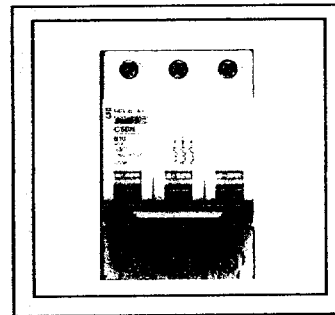


Une fois assemblé, serti et riveté, le produit (composé de 1 à 4 pôles) est acheminé par convoyeur jusqu'au poste de chargement P1 (voir synoptique page 3) d'où il sera chargé par lot sur une palette qui assurera la transitique entre les autres postes du système étudié. Une palette ne pouvant recevoir que 4 pôles au maximum, en fonction du type de produit fabriqué, 4 lots différents existent :

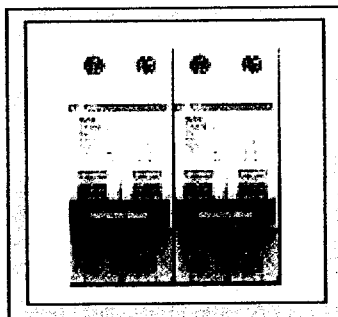
- 4 unipolaires (soit 4 produits)



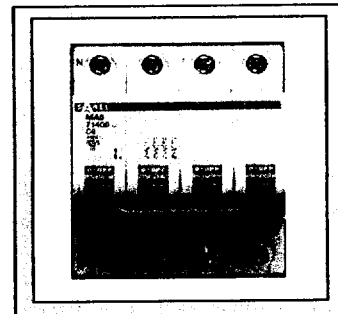
- 1 tripolaire (soit 1 produit)



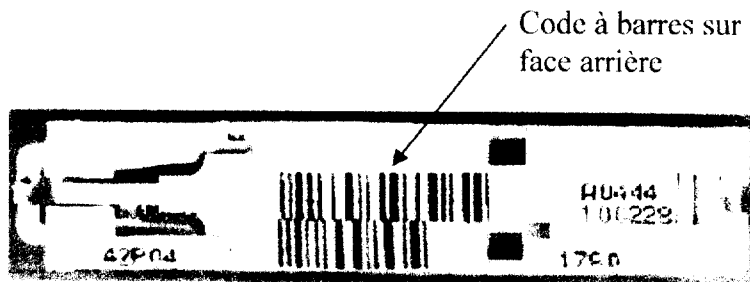
- 2 bipolaires (soit 2 produits)



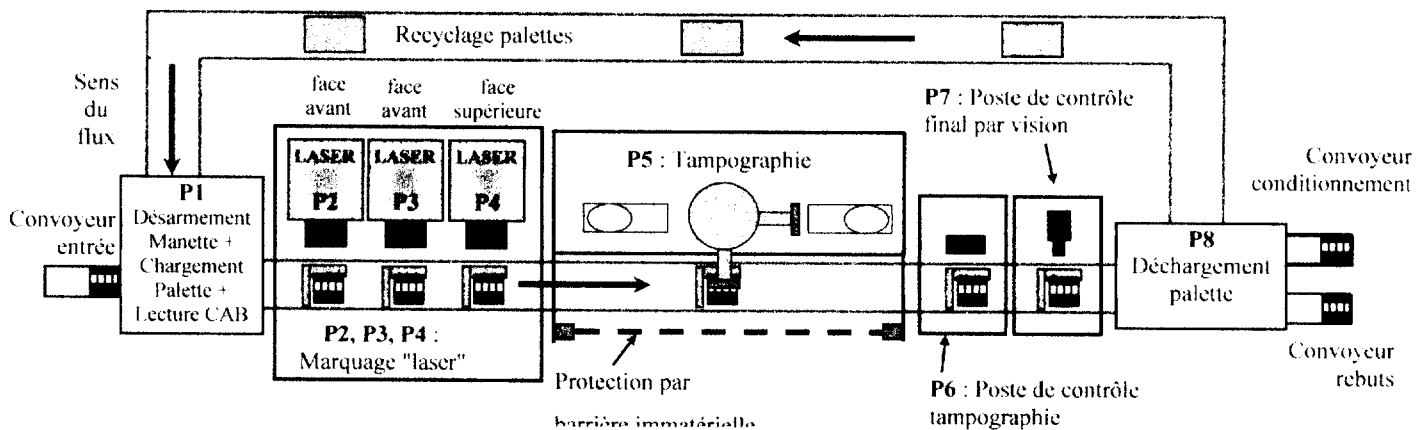
- 1 tétrapolaire (soit 1 produit)



Lors du chargement d'un lot sur la palette, la lecture d'un code à barres (CAB) situé sur la face arrière du produit permet d'identifier la série en cours et par conséquent le marquage à réaliser.



## SYNOPTIQUE DE L'UNITÉ DE MARQUAGE ET DE CONTRÔLE



Poste P1 : Création et chargement d'un lot sur une palette + lecture CAB + désarmement manette

Poste P2 : Marquage laser face avant

- Unipolaire : marquage des 2 premiers produits du lot
- Bipolaire : marquage du premier produit du lot
- Tripolaire : marquage du produit
- Tétrapolaire : marquage du produit

Poste P3 : Marquage laser face avant

- Unipolaire : marquage des 2 derniers produits du lot
- Bipolaire : marquage du deuxième produit du lot
- Tripolaire : pas de marquage
- Tétrapolaire : pas de marquage

Poste P4 : Marquage laser face supérieure

- marquage de tous les produits

Poste P5 : Marquage tampographie (rectangle couleur + texte)

- marquage de tous les produits

Poste P6 : Contrôle tampographie

Poste P7 : Contrôle des produits par vision

Poste P8 : Déchargement des produits

- produits conformes sur le convoyeur « conditionnement »
- produits non-conformes sur le convoyeur « rebuts ».

## Partie I : Dimensionner, évaluer et choisir un constituant de commande

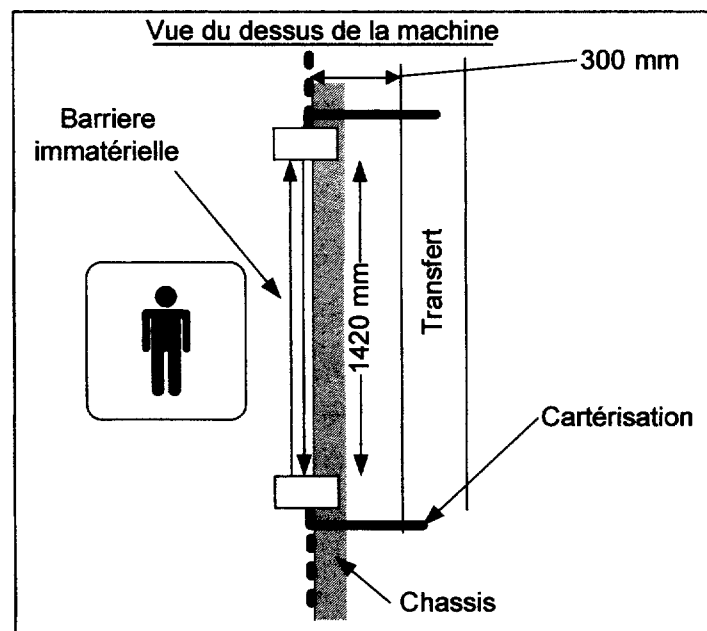
### 1 Validation et choix d'un système de protection du poste de marquage

Le cahier des charges impose le choix des marquages par imprimantes laser et par tampographie des différents disjoncteurs de la gamme C60. La mise en œuvre d'un marquage par tampographie nécessite de fréquentes interventions de l'opérateur pour régler finement l'encrage du tampon caoutchouc. Lors de la conception de la partie opérative, une analyse de sécurité a fait apparaître une situation dangereuse pour l'opérateur due à la présence de phénomènes dangereux d'origine mécanique (écrasement, perforations, ...) au niveau de la tampographie et des postes P1 (décrit en page 11) et P8, chargement et déchargement des palettes. Aucun risque particulier n'a été associé aux imprimantes laser et au dispositif de transfert avec palettes.

Le concepteur a retenu comme solution de protection l'isolement de l'opérateur de la zone dangereuse :

- par une cartérisation avec portes d'accès tout autour de la machine sauf au poste P5,
- par l'installation d'un ESPE (équipement de protection électrosensible) qui en l'occurrence est une barrière immatérielle face au poste P5. Pour faciliter son installation, le concepteur se propose de la fixer sur la cartérisation, au droit du châssis de la machine qui est distant de 300 mm du convoyeur de transfert ou agit le dispositif de tampographie. La coupure du faisceau lumineux de la barrière immatérielle entraînerait uniquement l'arrêt immédiat du dispositif de tampographie, le transfert des palettes ne présentant intrinsèquement aucun risque, resterait autorisé.

L'étude porte sur la validation de cette solution du point de vue de la commande. En effet, il faut vérifier que le temps de réponse du dispositif permette l'arrêt complet des mouvements du poste de tampographie avant tout contact par la main d'un opérateur ayant coupé le faisceau de la barrière.



Le temps de réponse de la chaîne de sécurité est compris entre la coupure du faisceau de la barrière qui est l'évènement déclencheur et l'arrêt des parties mobiles de la partie opérative qui est l'effet résultant demandé.

Selon la norme EN 999, la distance minimum  $S$  entre la zone dangereuse et la zone de détection ne doit pas être inférieure au résultat obtenu par l'application de la formule :

$$S = (K \times T) + C$$

Dans laquelle

- $S$  = distance de sécurité en mm
- $K$  = vitesse d'approche du corps en mm/s, constante égale à 2000 mm/s pour ce cas de figure
- $T$  = temps de réponse global de tous les composants de la chaîne de sécurité en s, valeur retenue pour ce calcul : 50 ms
- $C$  = distance supplémentaire en mm, se calcule par la formule  $C = 8 \times (d - 14)$  où  $d$  est la capacité de détection du dispositif ESPE exprimée en mm : 14 mm pour un doigt, 29 mm pour la main.

### **Question 1-1**

*Calculer la distance minimale  $S$  pour la capacité de détection d'un doigt puis pour celle d'une main. Ces distances sont-elles compatibles avec l'installation de la barrière sur le châssis ?*

La portée nécessaire étant de 1420 mm et la hauteur de protection de 1300 mm, on se propose de choisir une barrière dans l'extrait d'un catalogue fourni sur le document ressource 1 page 12.

### **Question 1-2**

*Déterminer la référence exacte de la barrière et justifier la réponse quant au choix d'une capacité de détection « doigt ou main » en quantifiant le temps de réponse restant disponible pour les autres composants de la chaîne de sécurité.*

Sur ce système, la gestion des informations de sécurité est réalisée en logique câblée et pour rendre celle-ci plus sûre, de la redondance et de l'autocontrôle y sont associés. Des composants spécifiques appelés modules de sécurité couvrent ces besoins. Un composant de sécurité fonctionnant de façon autonome, il est nécessaire de le relier à une entrée de la partie commande afin d'avertir celle-ci de l'état passant ou non passant des sorties sécurisées.

Le module de sécurité retenu par le concepteur porte la référence XPS AK - 311 144 (voir document ressource 2 page 13).

### **Question 1-3**

*Quelle sortie du module faut-il utiliser pour avertir l'API que le faisceau a été interrompu et que le module de sécurité associé à la barrière n'a pas été remis en marche ?*

### **Question 1-4**

*Lors d'une intrusion provoquant la coupure du faisceau, que se passe-t-il au niveau des bobines  $K3$  et  $K4$  ?*

*Quelles en seront les conséquences sur chacun des autres postes et sur le convoyeur de transfert équipé de palettes ?*

## Partie II : Etablir les documents techniques de réalisation de la partie commande

### 2 Schéma de puissance pneumatique du poste P1 (dispositif de préhension et module de rotation)

Afin de faciliter la réalisation et surtout la maintenance durant la vie du système, il est nécessaire d'élaborer les schémas de raccordement des différents composants aux réseaux de distribution d'énergie.

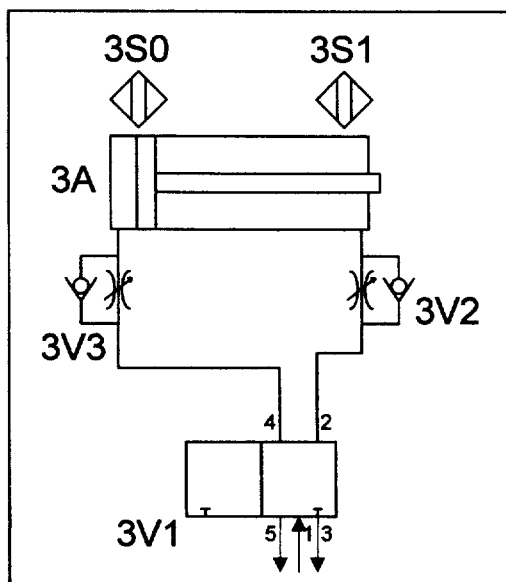
Le bras manipulateur (voir page 11/15) du poste de chargement des palettes est équipé d'un dispositif de préhension (4 pinces accolées) et d'un module de rotation mettant en œuvre les actionneurs suivants :

Mouvement	Type actionneur	Repère	Nombre
Rotation pinces	Vérin double effet	11A	1
Ouverture pinces	Vérin double effet	12A	4

Les contraintes technologiques à respecter sont les suivantes :

- Le commun de pression de ce poste est alimenté en air sec sous 5 bars ;
- Les quatre vérins des pinces fonctionnent simultanément ;
- Toutes les vitesses de sortie ou rentrée des vérins doivent être réglables ;
- Les distributeurs sont de type 5/2 à double pilotage électropneumatique ;
- Les capteurs de position du module de rotation et du dispositif de préhension, sont de type ILS ou inductif et sont intégrés à ceux-ci ;
- La démarche qualité mise en œuvre dans l'entreprise impose de contrôler l'effort exercé par les pinces sur les produits afin de ne pas abîmer leur surface ;
- Les produits devront être maintenus dans les pinces en cas de coupure de l'alimentation pneumatique.

Exemple de repérage des composants selon la norme NF ISO 1219-2.



Type de matériel	Code de repérage
Distributeur	V
Détecteur	S
Pompe, compresseur	P
Vérin	A
Moteur	M
Autres appareils	Z ou autre lettre, sauf celles utilisées ci-dessus

Sur le document réponse page 15/15 :

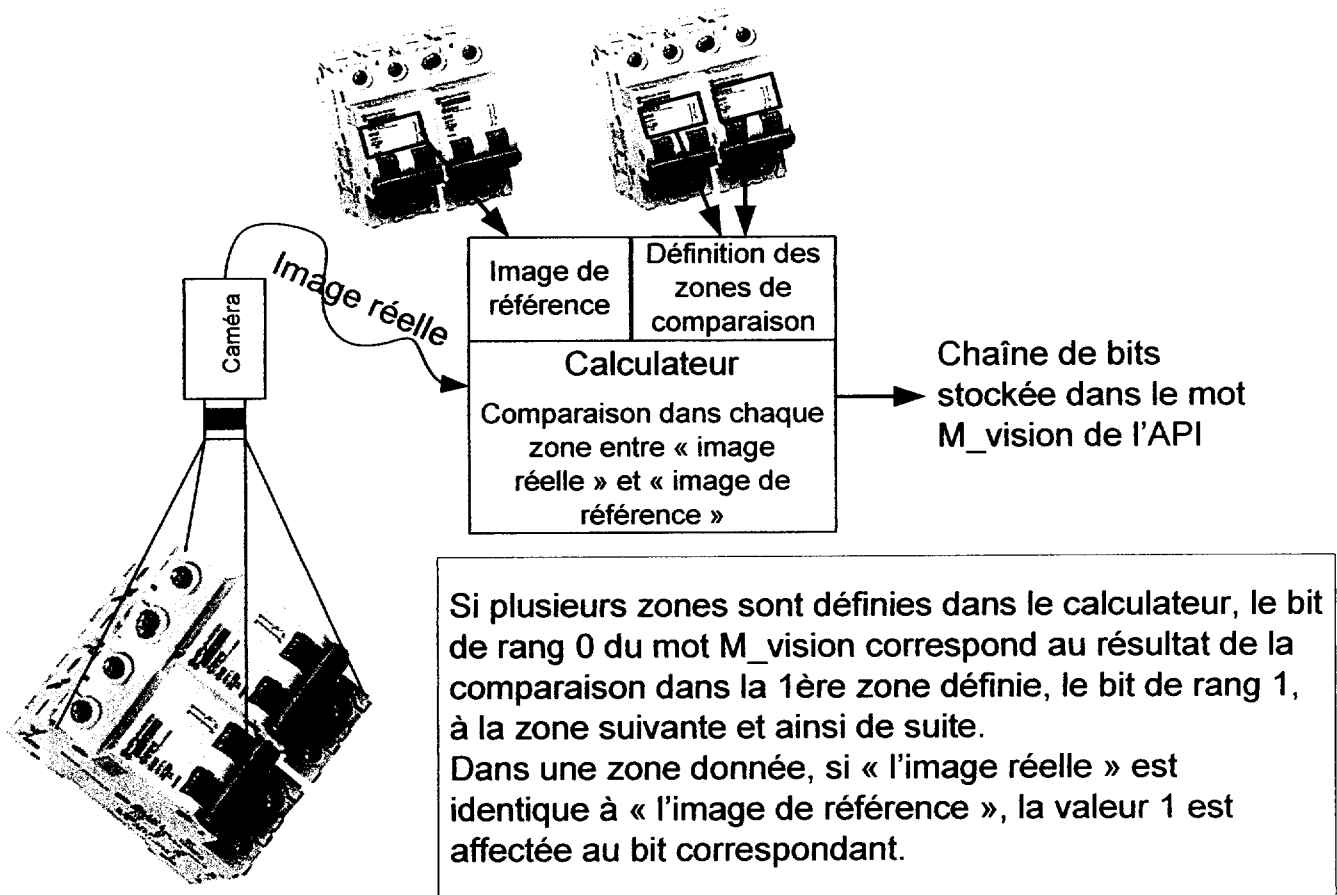
#### Question 2-1

Compléter le schéma pneumatique en respectant toutes les contraintes imposées ci-dessus. Préciser le repérage des différents composants.

### 3 Etude du dispositif de contrôle des marquages

Le poste P7 est équipé d'un dispositif de vision (caméra + ordinateur) afin de vérifier la qualité des marquages de la face avant des disjoncteurs. Le principe de fonctionnement est décrit par le schéma suivant :

#### Principe de contrôle d'un lot de disjoncteurs bipolaires



Lors d'un changement de production, une nouvelle « image de référence » et un nouveau paramétrage des différentes zones de comparaison sont validés dans le calculateur. En fonction du lot à contrôler, le nombre de zones à comparer varie.

Type disjoncteur	Nombre de zones	M_vision : bits utilisés			
		Rang 3	2	1	0
Unipolaire	4	X	X	X	X
Bipolaire	2			X	X
Tripolaire et Tétrapolaire	1				X



Au poste P8, le bras de déchargement des palettes, identique au bras de chargement du poste P1, après avoir pris le lot de disjoncteur(s) vérifié(s), dépose tout d'abord et **uniquement** sur le convoyeur de conditionnement, le(s) disjoncteur(s) contrôlés correct(s), dont le bit correspondant du mot M\_vision est à l'état logique 1. Tout disjoncteur restant alors dans le dispositif de préhension, correspond donc à un disjoncteur contrôlé mauvais, il sera déposé sur le convoyeur des rebuts.

Pour ce faire, le dispositif de préhension du bras de déchargement est composé de 4 pinces accolées, chacune ne maintenant qu'un pôle. Pour déposer un disjoncteur unipolaire sur le convoyeur de conditionnement, il suffit d'ouvrir la pince correspondante ; pour un disjoncteur bipolaire : ouverture d'un groupe de 2 pinces ; pour les tripolaires et les tétrapolaires : ouverture des 4 pinces. Si une dépose est effectuée sur le convoyeur des rebuts, les 4 pinces sont alors ouvertes.

Pour faciliter la programmation, les appellations suivantes seront retenues :

Entrées		Sorties	
M_vision:x0	→ m_1	Ouvrir pince 1	→ ouv_p1
M_vision:x1	→ m_2	Ouvrir pince 2	→ ouv_p2
M_vision:x2	→ m_3	Ouvrir pince 3	→ ouv_p3
M_vision:x3	→ m_4	Ouvrir pince 4	→ ouv_p4
Disjoncteur unipolaire	→ uni		
bipolaire	→ bi		

La gestion de l'ouverture des 4 pinces autorisant l'évacuation des produits **corrects** sur le convoyeur de conditionnement, en fonction des informations booléennes données par le système de vision, est fournie sur le document ressource 3 page 14 sous forme d'un algorithme établi par le spécificateur du système.

Les équations d'ouverture des pinces peuvent être extraites de ce document. Elles seront de la forme :

$$\text{ouv\_pi} = (\text{uni} \cdot \text{m\_i}) + \dots + \dots \text{ (pour la pince d'indice i).}$$

### **Question 3-1**

*Établir les équations d'ouverture des 4 pinces pour l'évacuation des disjoncteurs corrects sur le convoyeur de conditionnement.*

### **Question 3-2**

*Écrire le programme API relatif à ces 4 équations dans l'un des langages de la norme CEI 61131-3.*

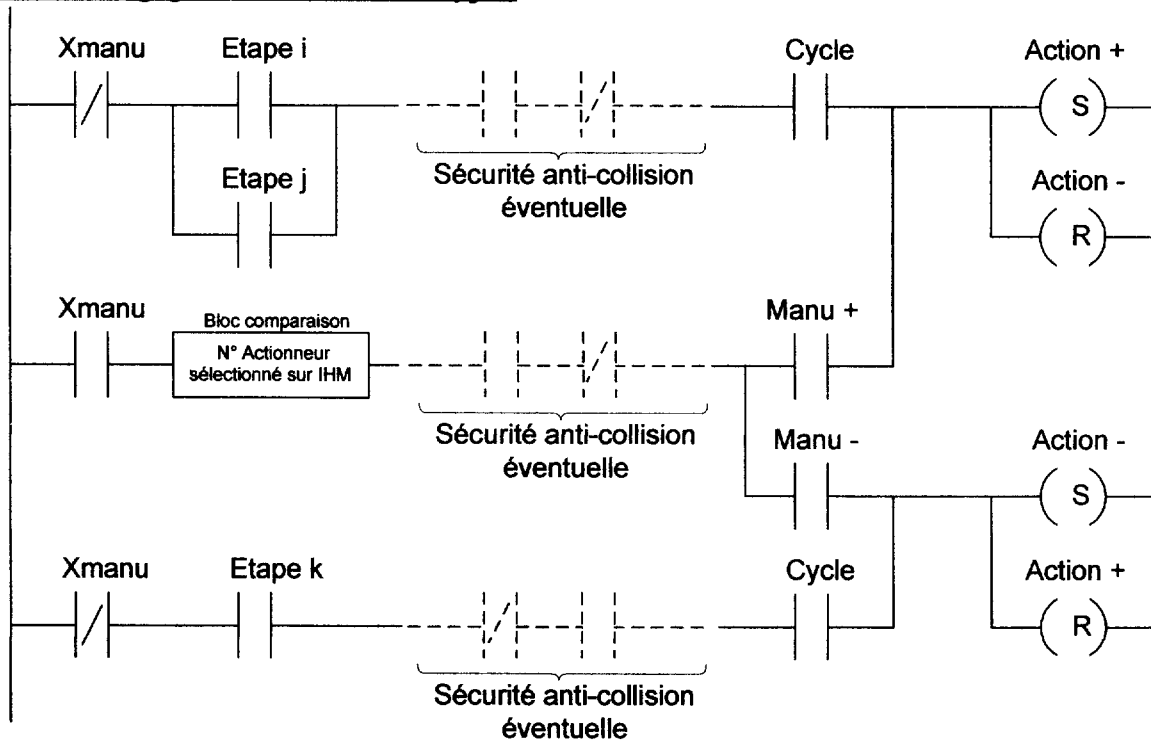
#### 4 Programmation type des sorties de pilotage des pré actionneurs de l'unité de marquage

Le bureau d'étude qui a réalisé la partie commande, utilise une structure type pour programmer les sorties de l'automate programmable. Une telle structure peut être intégrée dans un bloc fonctionnel pour une réutilisation simplifiée.

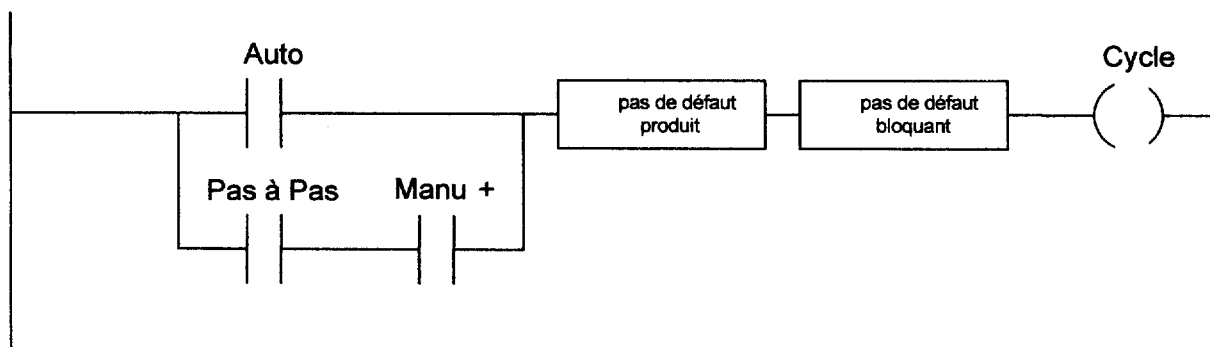
Principes retenus :

- Un commutateur 3 positions permet de choisir un mode de marche Auto/Manu/Pas à Pas au pupitre.
- Les sorties sont toujours programmées en set/reset ;
- L'action + et l'action - sont toujours pilotées dans le même réseau ;
- En mode manuel, la commande d'une sortie dépend du choix, sur l'IHM (Interface Homme / Machine), du numéro de l'actionneur associé, de l'appui sur un bouton poussoir (manu + ou manu -) validant le sens du mouvement et, éventuellement, d'une condition vérifiant la possibilité du mouvement en sécurité;
- En mode automatique (auto) ou en mode pas à pas, la commande d'une sortie dépend de l'état de l'étape, ou des étapes, à laquelle elle est associée, de l'état d'un bit particulier dit « bit de cycle » et, éventuellement, d'une condition vérifiant la possibilité du mouvement en sécurité.

Programme en langage LD de la structure type :



Programme en langage LD de la commande du « bit de cycle »



L'écriture du programme devra donc respecter ces contraintes et utiliser les mnémoniques et adresses fournis.

Inventaire des adresses nécessaires dans la commande du module de rotation du bras de chargement :

Etapas commandant la rotation sens horaire : %X11.6 et %X1.4

Etape manu : %X31.14

Etapas commandant la rotation sens anti horaire : %X11.8, %X1.0 et %X1.6

Bit de cycle : %M100

Bit Manu + : %M1100 (sens horaire)

Bit Manu - : %M1101

Tourner sens horaire : %MW52:X6

Tourner sens anti horaire : %MW52:X7

Adresse contenant le numéro de l'actionneur demandé en manuel : %MW1120

Numéro d'actionneur affecté à la pince : 5

Bras de chargement position haute : %MW4:X8

Bras de chargement position basse : %MW4:X9

L'information sécurité anti-collision pour la rotation de la pince utilisée en mode manuel (manu) uniquement, permet d'assurer d'une manière redondante que le manipulateur ne soit pas en position basse.

**Question 4-1**

*Établir, à l'aide de la structure type proposée et des informations précédentes, le programme en langage LD de la commande du module de rotation du bras de chargement (Poste P1).*

**Question 4-2**

*Expliquer, à partir du programme ci-dessus, le fonctionnement du bit de cycle, puis préciser son rôle dans la structure type pour les marches automatique (auto) et pas à pas.*