

SESSION 2003

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

PALETTISEUR DE BOUTEILLES VIDES
--

TOUS LES DOCUMENTS SONT AUTORISÉS

Documents remis aux candidats :

- Présentation générale _____ pages blanches de 1 à 4
- Travail demandé _____ pages jaunes de 5 à 10
 - Partie 1 : Dimensionner, évaluer et choisir un constituant de commande
(durée conseillée 1h30)
 - Partie 2 : Etablir les documents techniques de réalisation de la partie commande
(durée conseillée 2h)
- Documents ressources _____ pages vertes de 11 à 17
- Documents réponses _____ pages bleues de 18 à 19

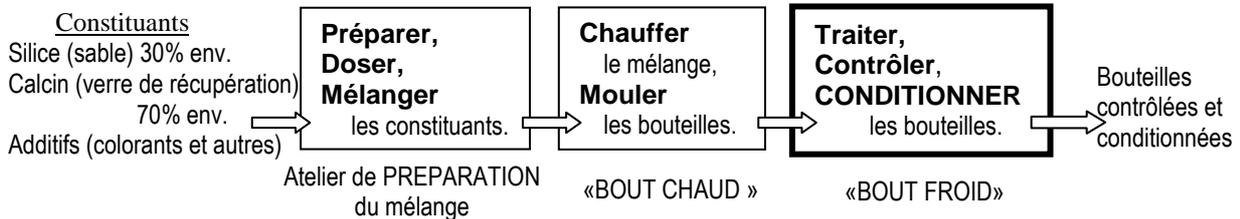
Chaque partie sera traitée sur une feuille de copie séparée
--

Tous les documents réponse seront remis à la fin de l'épreuve, y compris ceux inutilisés
--

PRESENTATION GENERALE

Cette étude a pour support l'une des lignes de production d'une entreprise de fabrication de produits verriers : bouteilles, fioles, flacons,...

Organisation du processus

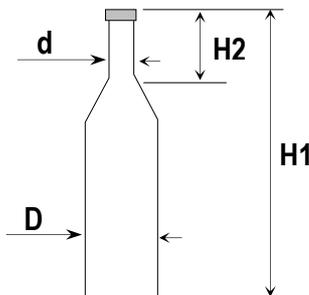


Le produit

Les types de bouteilles produits par cette entreprise sont caractérisés par la forme, la contenance, la couleur et la qualité de verre.

Nous limiterons la présentation des produits aux types de bouteilles ci-dessous :

Type de bouteille	Code	Contenance en cl	Dimensions en mm				Masse théorique en grammes
			H1	D	d	H2	
Bordelaise tradition	042.012	76.7	300.5	76.6	28.7	69.5	540
Bordelaise évolution	402.002	76.7	300.5	76.3	28.7	76.5	450
Bordelaise allégée	226.005	77.0	279	76.5	28.5	66	370
Bourgogne tradition	195.109	76.7	296	82	28.7	55	580
Bourgogne grande tradition	415.601	76.7	293.8	86.6	28.7	56	660
Bourgogne allégée	110.005	77.0	272	81.3	28.7	60	380



Le code permet d'identifier les caractéristiques du verre :

- composition chimique,
- traitement de surface et qualité,
- couleur : transparent, vert clair, vert sombre,
- la variété des formes.

D et **H1** : Diamètre et hauteur de la bouteille.

d et **H2** : Diamètre et hauteur du goulot.

Son conditionnement

Le conditionnement en **palettes** des produits est très varié et découle de la diversité dimensionnelle des bouteilles fabriquées :

- voir Figure 1 et Figure 2 de la page 2.

La caractéristique principale de palettisation est le nombre total de bouteilles qui dépend :

- du nombre de bouteilles par rangée,
- du nombre de rangées par couche (appelée **lit**),
- du nombre de lits par palette.

Figure 1 : Exemples de rangements en lit

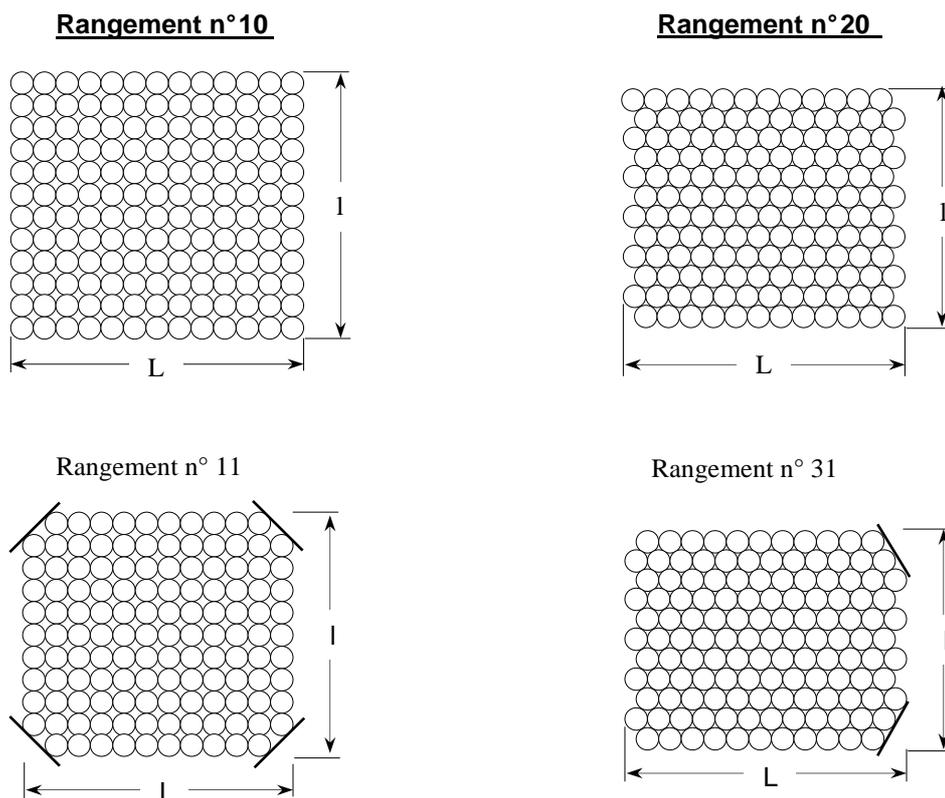
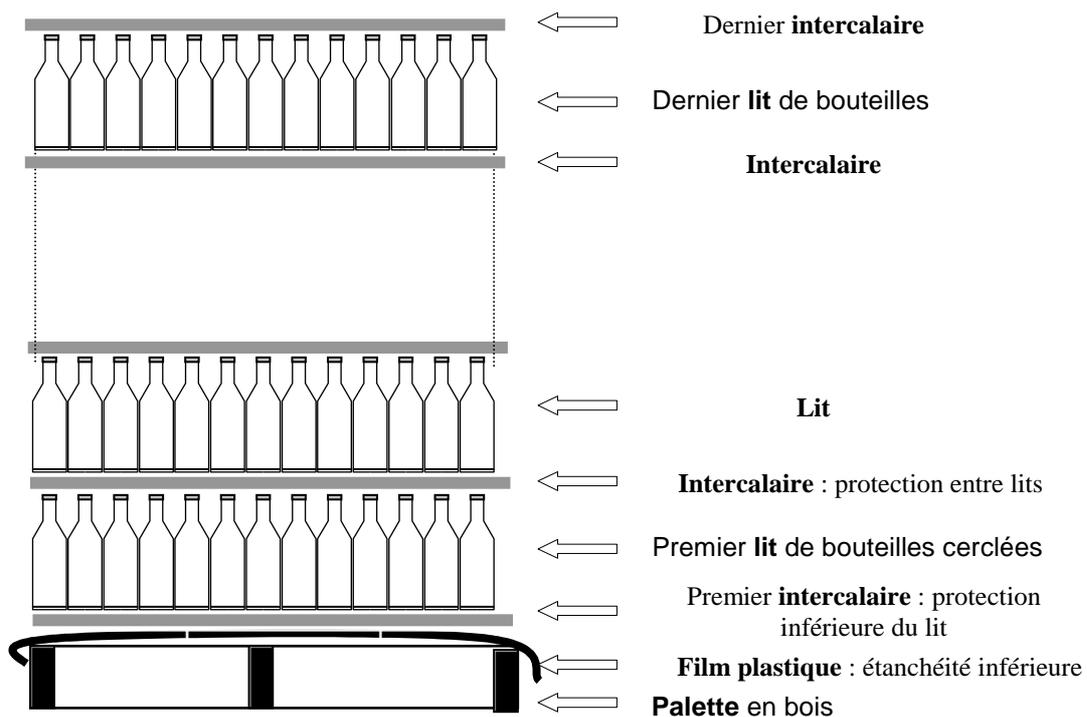


Figure 2 : Exemple de palettisation des lits cerclés



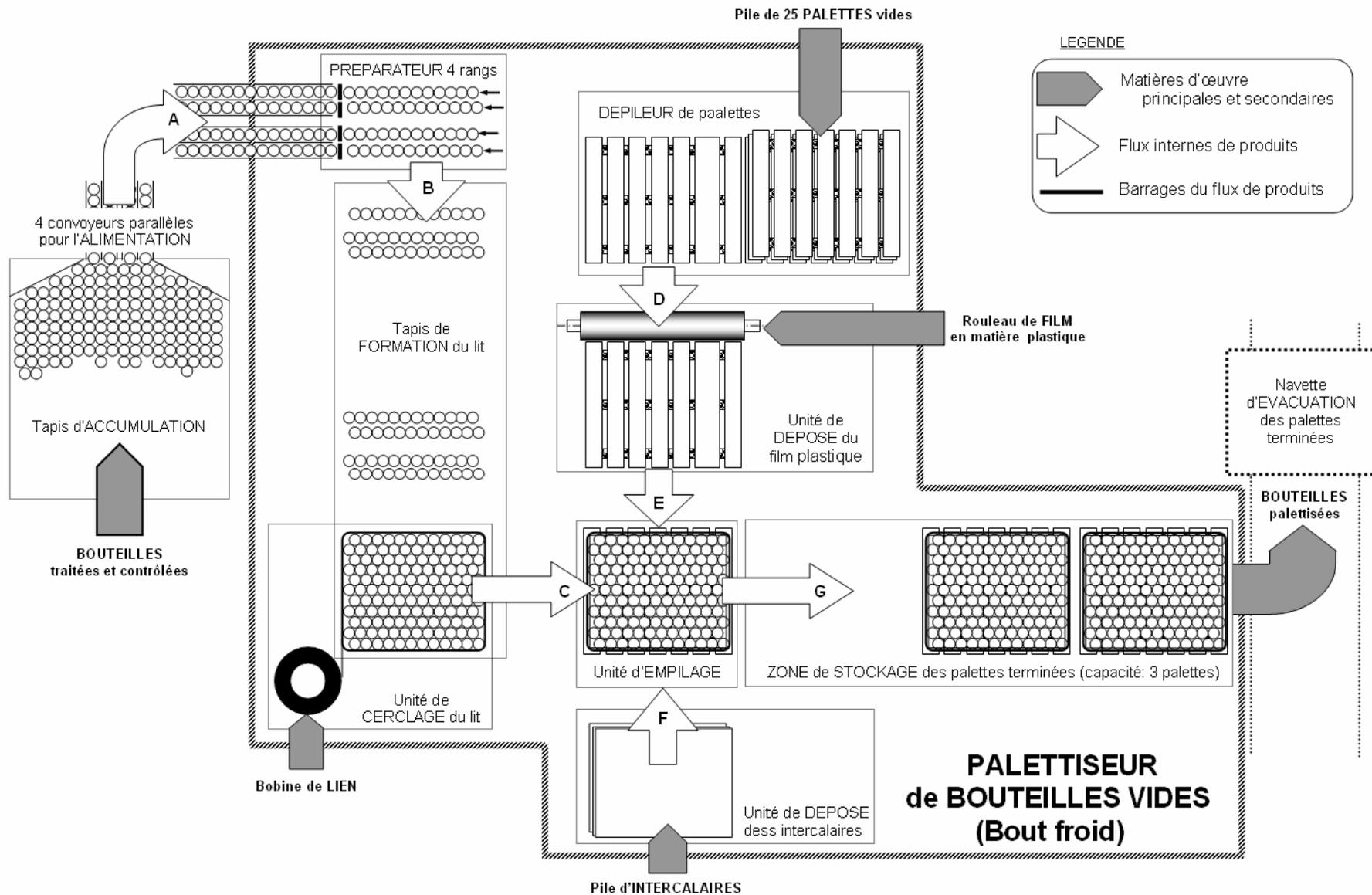
Quelques éléments du cahier des charges fonctionnel (selon normes NF X50-150 à 151)

	Fonction	Critères d'appréciation	Niveau	Flexibilité
FS1	PALETTISER des bouteilles vides.	Type de bouteilles : dimensions, poids... Nombre de bouteilles par palettes : - nombre de bouteilles par rangée, - nombre de rangées par lit, - nombre de lit par palette. Cadence minimum : Temps de production : - journalier, - hebdomadaire. Disponibilité :	Voir page 1. Voir figure 1 et figure 2. 180 bouteilles par minute. 3 fois 8 heures. 7 jours sur 7. 90%	F0 F0 F0 F1 F1
FS2	EXPLOITER et MAINTENIR de façon aisée.	Nombre d'opérateurs : - en exploitation. - en maintenance.	1 opérateur sur 2 lignes. 2 opérateurs.	F0 F1
FS3	ASSURER la sécurité des personnes.	Risques sur cas de défaillance. Intervention de maintenance sécurisée.	Normes NF EN 292-1 et 2.	F0
FS4	PROTEGER les biens et matériels sur défaillance énergétique ou mécanique.	Pas de chute d'organes machine.	Temps d'immobilisation par verrouillage mécanique fonction de l'organe sécurisé.	F1

Fonctionnement du palettiseur de bouteilles

Le principe de fonctionnement du palettiseur est décrit à la page 4 et complété par le tableau ci-dessous.

Déplacement	Fonction	Sous-ensembles opératifs	Observations
A	ALIMENTER en bouteilles traitées et contrôlées.	Quatre convoyeurs parallèles.	Fonctionnement continu. Vitesse : 15 à 30 m/min.
B	PREPARER et TRANSFERER une à quatre rangées de bouteilles selon le besoin.	Quatre barrières d'interruption de flux. Quatre butées automatiques. Préhenseur pneumatique à quatre rangées.	Non représenté.
C	FORMER, LIER et TRANSFERER le lit de bouteilles.	Tapis de formation du lit. Unité de cerclage. Préhenseur pneumatique à boudins.	Vitesse : 12 à 20 m/min. Non représenté.
D et E	DEPILER , COUVRIR d'un film et AMENER les palettes vides.	Convoyeur et poussoir.	Non représentés.
F	DEPOSER les intercalaires lors du montage de la palette.	Préhenseur à ventouses.	Non représenté.
G	EVACUER et STOCKER la palette terminée.	Convoyeurs à rouleaux motorisés indépendants.	Trois palettes peuvent être stockées en attente de la navette.



Partie 1 : Dimensionner, évaluer et choisir un constituant de commande

1 Détection et comptage des bouteilles

Le fonctionnement du palettiseur est décrit dans les documents de présentation (pages 3 et 4). Le conditionnement des bouteilles est flexible et dépend du type fabriqué.

L'alimentation en bouteilles du préparateur quatre rangs est réalisée par quatre tapis en parallèle. Pour détecter les bouteilles sur chaque tapis (on se limite dans les explications suivantes au seul tapis 1) on dispose de trois détecteurs dont le rôle est le suivant (page 11) :

- D11 permet de s'assurer de la présence d'un stock tampon correct garantissant une bonne stabilité des bouteilles à l'entrée du préparateur.
- D12 et D13 permettent d'effectuer un comptage des bouteilles, toute différence dans le double comptage entraîne une alarme bouteille renversée.

Le préparateur quatre rangs permet de former les rangs de bouteilles et de les positionner entre eux pour réaliser la forme du lit désiré.

Le comptage des bouteilles est réalisé par un automate programmable multitâche dont les caractéristiques sont les suivantes :

- La taille du programme est de 64 k mots.
- Les coupleurs d'entrées sont de type tout ou rien :
 - temps de filtrage de 4 ms pour le passage de l'état 0 à l'état 1,
 - temps de 0,1 ms pour le passage de l'état 1 à l'état 0.
- La structure logicielle est multitâches :
 - 1 tâche maître,
 - 1 tâche rapide,
 - 8 tâches événementielles maximum.

1.1 Choix et implantation des détecteurs

Pour faire le choix des douze détecteurs placés sur les tapis parallèles on considérera les technologies suivantes :

- détecteurs électromécaniques,
- détecteurs inductifs,
- détecteurs photoélectriques.

Quel que soit le type des bouteilles on doit les détecter au niveau de leur goulot (page 11), sans avoir à modifier la position des détecteurs dans le sens de la hauteur.

QUESTION 1

- Donner les raisons qui font retenir la technologie photoélectrique.
- A l'aide du document (page 12) et des caractéristiques des bouteilles (page 1), choisir et justifier le type des détecteurs à retenir pour cette application.

QUESTION 2

Déterminer, par rapport au tapis de transfert, les limites L_{mini} et L_{maxi} de la zone où l'on doit placer les détecteurs.

1.2 Comptage des bouteilles par l'automate programmable multitâches

On veut vérifier que l'automate programmable retenu est capable d'assurer le comptage des bouteilles à l'entrée des quatre rangs du préparateur dans les conditions de fonctionnement les plus défavorables :

- vitesse des quatre tapis parallèles 30 m/minute,
- détection des bouteilles type Bordelaise allégée.

On veut aussi choisir pour le comptage la solution technique qui pénalise le moins possible le temps de cycle de l'automate.

QUESTION 3

En utilisant les possibilités de programmation du compteur en tâche maître (page 13) et en se plaçant dans les conditions définies au-dessus, compléter le document réponse (page 18) et montrer que l'automate ne peut pas assurer correctement le comptage des bouteilles.

QUESTION 4

En utilisant les possibilités de programmation du compteur en tâche rapide (page 13). On considère pour la suite que l'information utile pour l'unité centrale correspond à :

- 52 ms pour la détection d'un goulot,
- 101 ms entre deux goulots consécutifs.

Préciser la valeur maximum que l'on peut donner à la période de la tâche rapide pour que la fonction comptage des bouteilles soit correctement réalisée.

QUESTION 5

En utilisant les possibilités de programmation du compteur en tâche événementielle (page 13).

Déterminer le nombre de tâches événementielles à utiliser pour réaliser le comptage sur les quatre rangs du préparateur. Ceci est-il réalisable avec l'automate programmable proposé.

QUESTION 6

On veut que l'opération de comptage pénalise le moins possible en temps le traitement principal du programme automate. Parmi les deux dernières possibilités indiquer laquelle retenir et pourquoi. (On considère que la durée d'une tâche rapide est de 890 μ s et que celle d'une tâche événementielle est de 100 μ s).

Partie 2 : Etablir les documents techniques de réalisation de la partie commande

2 Prise en compte des contraintes de sécurité

Pour répondre aux exigences de sûreté, le circuit de sécurité câblé du palettiseur doit :

- assurer la sûreté des personnes quelle que soit la défaillance des constituants de la chaîne de sécurité,
- permettre à l'automate programmable de détecter les défaillances des constituants de la chaîne de sécurité.

Pour cela on intègre le module de sécurité TSX DPZ 10D2A (pages 14 et 15) qui assure par une partie câblée indépendante les fonctions de sécurité et qui permet par la lecture logique de l'état des éléments câblés d'effectuer un diagnostic de la chaîne de sécurité.

2.1 Analyse du comportement sur défaut

En considérant le câblage réalisé à la figure 1 sur lequel l'alimentation externe du module a son potentiel 0Vcc relié à la masse.

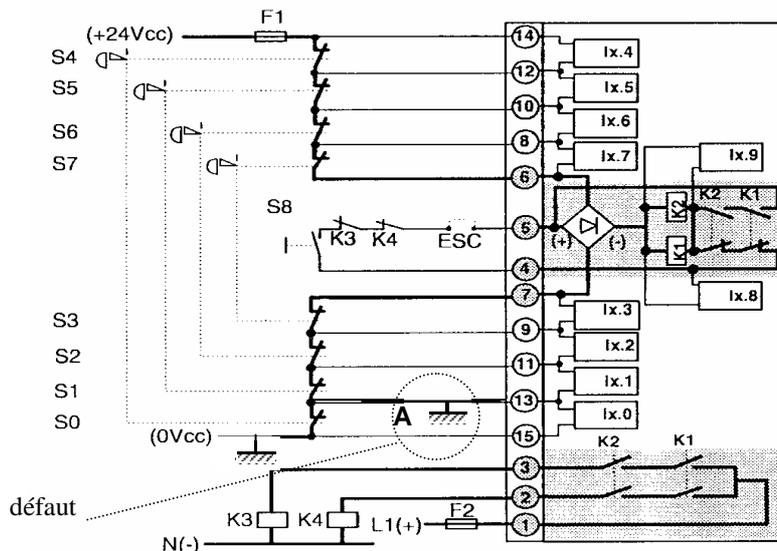


Figure 1 Module de sécurité TSX DPZ 10D2A en situation

QUESTION 7

- Expliquer pourquoi le module de sécurité ne détecte pas le défaut d'isolement A quand il apparaît.
- En présence du défaut d'isolement A, indiquer en justifiant lequel des deux contacts S0 ou S4 assure la sécurité quand on actionne le « coup de poing » correspondant.
- Comment détecter alors avec l'automate programmable le défaut de cohérence des informations S0 et S4 (on considérera ici que la position du module dans l'automate correspond à x=3).

2.2 Intégration du circuit de sécurité câblé

La chaîne de sécurité câblée du palettiseur comporte sept éléments définis ci-dessous :

- trois boutons "coup de poing" Arrêt d'urgence tourner pour déverrouiller,
Repères : AU1-AU2-AU3 Réf. XB4-BT845 + ZBE-102
contacts " F + O + O "
- deux interrupteurs de sécurité liés à des protecteurs,
Repères : IS1-IS2 Réf. XCS-PA791

contacts " O + O " à action dépendante.

clé languette Réf. XCS-Z13
- deux détecteurs photoélectriques pour le contrôle d'accès.
Repères : CA1-CA2 Réf. XUJ-LM0619

1 contact " O F "

On veut quand cela est possible que l'automate programmable puisse détecter les défaillances d'un maximum d'éléments câblés de la chaîne de sécurité.

QUESTION 8

Compléter le document réponse page 19.

3 Elaboration d'une partie du programme du préparateur quatre rangs

A l'entrée du palettiseur, chacun des quatre rangs du préparateur permet d'organiser le rangement des bouteilles (voir page 16) :

- nombre de bouteilles par rang,
- position relative des rangs entre eux à l'aide d'une butée à trois positions.

Le fonctionnement du préparateur ne sera autorisé que si le nombre de rangs actifs (correctement approvisionné en bouteilles) est supérieur ou égal à celui défini à la configuration de la machine par l'opérateur (information NBRANGS) :

- Un rang est actif si son stock est plein, les informations D11, D21, D31 et D41 sont vraies.
- Un rang est inactif si son stock n'est pas plein, les informations D11, D21, D31 et D41 sont fausses (voir page 11).

3.1 Optimisation du rangement des bouteilles.

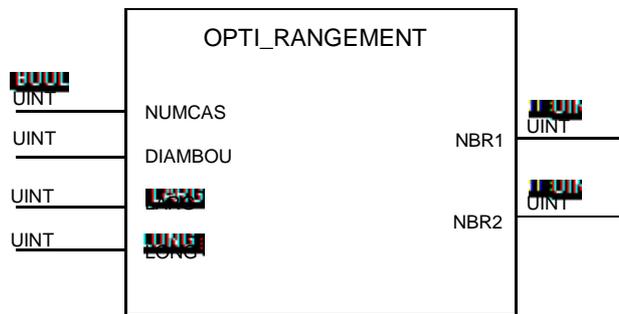
Le bloc fonctionnel OPTI_RANGEMENT optimise dans tous les cas de rangement le nombre de bouteilles par lit.

A la configuration du système, l'opérateur par l'intermédiaire d'un terminal de dialogue aura indiqué :

- le cas de rangement retenu NUMCAS,
- le diamètre des bouteilles à palettiser DIAMBOU (10^{ème} de mm).

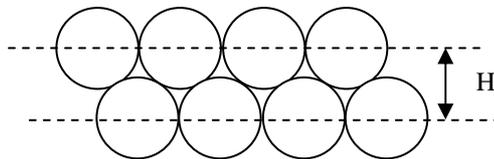
On connaît pour une palette standard :

- la largeur LARG = 10000 (10^{ème} de mm),
- la longueur LONG = 12000 (10^{ème} de mm).



Description :

OPTI_RANGEMENT calcule le nombre de bouteilles par rangée NBR1 et le nombre de rangées NBR2. Pour le cas de rangement N°31 On considérera que $H = 0,87 \times \text{DIAMBOU}$.

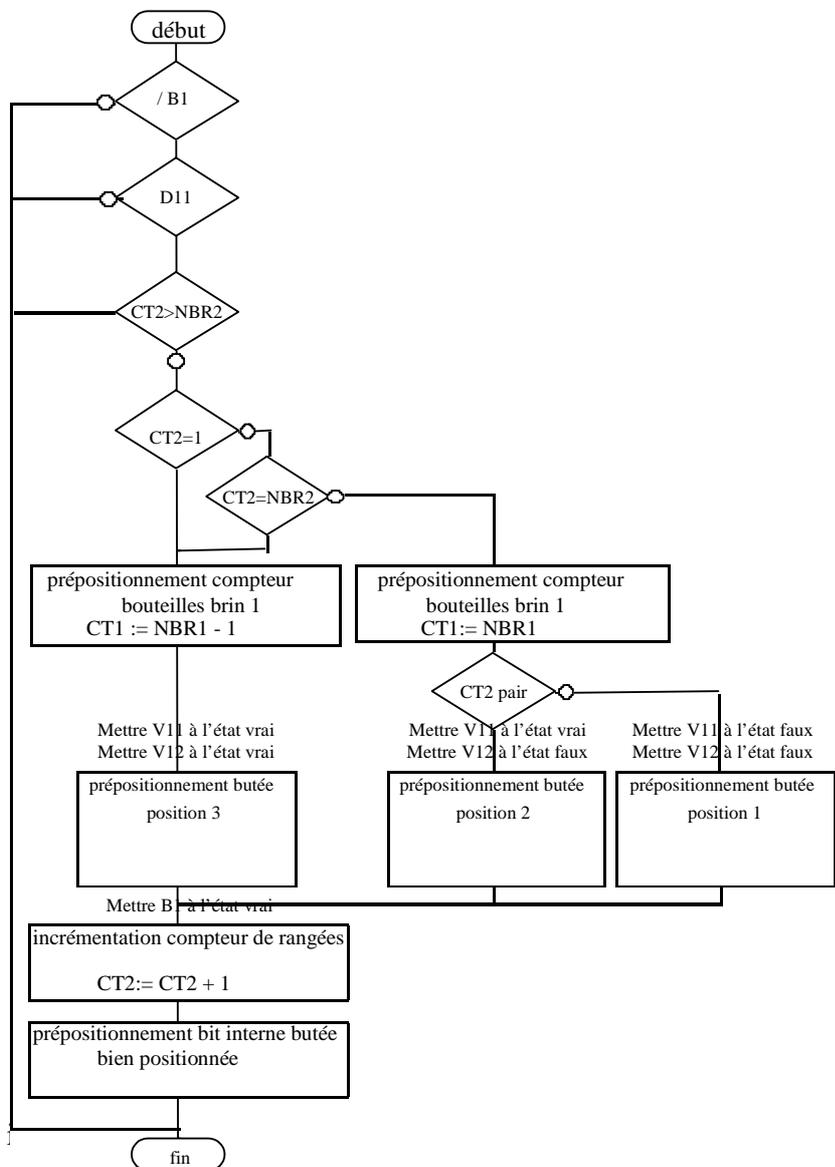


QUESTION 9

Etablir en se limitant aux deux cas principaux ($\text{NUMCAS} = 11$ et $\text{NUMCAS} = 31$) l'algorithme correspondant au bloc fonctionnel OPTI_RANGEMENT.

3.2 Positionnement de la butée 1 dans le cas de rangement 31

Chacun des quatre rangs du préparateur possède une butée à trois positions qui permet de positionner les rangs en fonction du cas de rangement désiré.
On propose ci-dessous l'algorithme du positionnement de la butée 1 dans le cas de rangement 31.



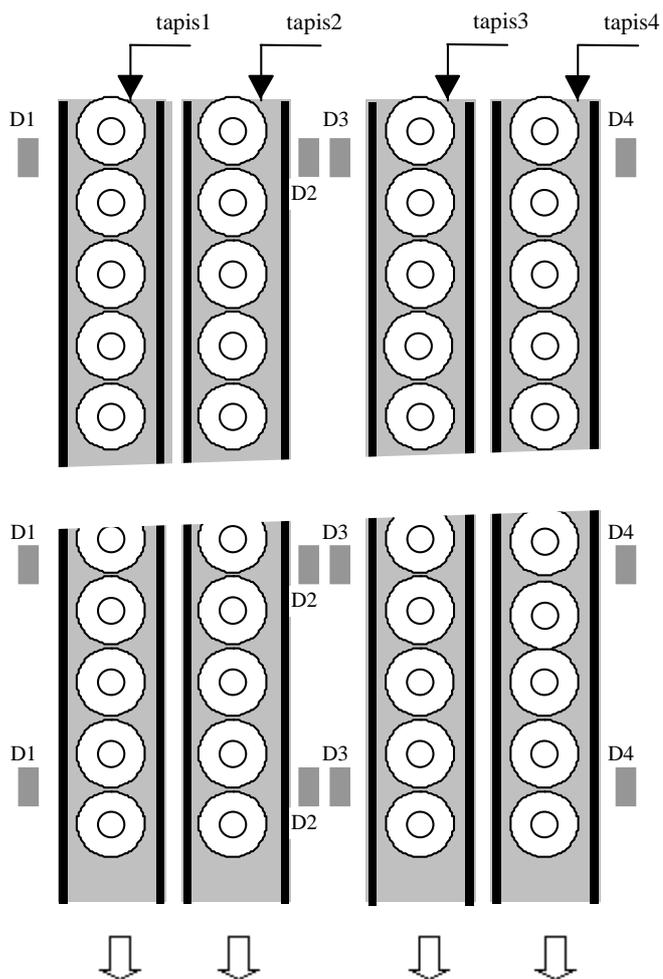
Remarque : le bit

1e.

QUESTION 10

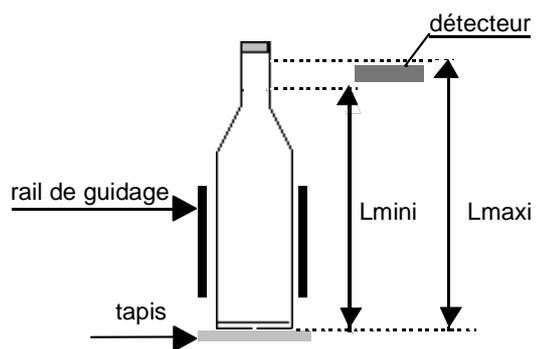
Écrire le module logiciel correspondant à l'algorithme, en langage LD (Ladder Diagram). Le tableau page 17 donne l'adressage des variables nécessaires ; toute variable supplémentaire devra être définie selon le même principe. Utiliser pour cette description des fonctions sur le modèle de la page 17.

**DETAIL DES QUATRE RANGS DU PREPARATEUR
ET IMPLANTATION DES DETECTEURS**

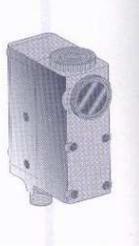
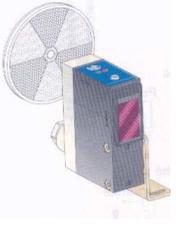


Entrée préparateur quatre rangs

POSITIONNEMENT EN HAUTEUR DE CHAQUE DETECTEUR



DETECTEURS PHOTOELECTRIQUES

Applications	lecture de repères	convoyage emballage	contrôle d'accès	détection de couleurs
forme	design miniature	design 18 cylindrique Φ 18 mm	design compact rectangulaire	design compact
				
dimensions en mm (l . h . p)	100 . 32 . 24	Φ 18, fileté M18.1 L = 62	27 . 81 . 83	30 . 80 . 57
boîtier	métallique	métallique	plastique	plastique
portée (m) réflex		4 (1) (2)	8 (3)	
portée (m) réflex polarisé		1,5 (1) (2)	6 (3)	
portée (m) proximité	0,01	0,10		0,0400,060
degré de protection	IP 67	IP 67	IP 67	IP 67
alimentation	DC	DC	DC / AC	DC
sortie	statique	statique	relais 1 " OF "	statique
fréquence maximale de commutation	4 khz	500 hz	20 hz	1,2 khz
retards à la disponibilité à l'action au relâchement	1000 ms 0,2 ms 0,2 ms	15 ms 3 ms 2 ms	60 ms 25 ms 25 ms	100 ms 50 μ s 50 μ s
type d'appareils	XUR-K	XU . - N18	XUJ-L	XUR-C

(1) avec réflecteur 24 . 21 . 5 mm.

(2) possibilité d'une visée à 90°.

(3) avec réflecteur \square 80 mm.

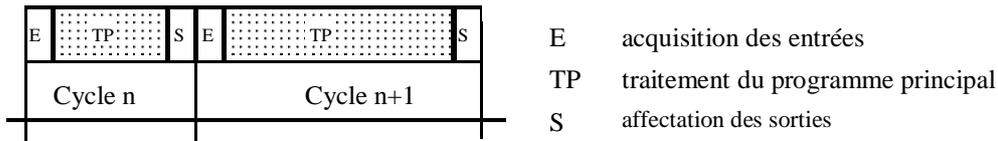
RAPPEL DU FONCTIONNEMENT EN STRUCTURE MULTITACHES

Fonctionnement de la tâche maître

La durée du cycle dépend du nombre d'instructions validées dans le programme principal, elle varie d'un cycle à l'autre. Ici on considérera qu'elle peut varier entre

$$0,8 T_{\max.} < T_{\text{cycle}} < T_{\max.}$$

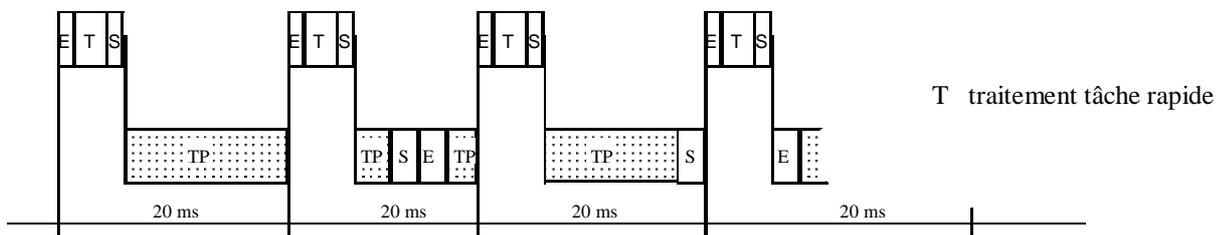
avec $T_{\max.} = 1,2 \text{ ms.}$ taille du programme (en k mots)



Fonctionnement de la tâche rapide

La tâche rapide est exécutée périodiquement. Cette période est fixée en configuration de 1 à 255 ms. Le programme exécuté dans la tâche rapide doit rester court pour ne pas pénaliser le traitement principal du programme A.P.I.

En plus du programme d'application, la tâche rapide exécute des fonctions "système" liées à la gestion des entrées/sorties implicites qui lui sont associées par configuration.



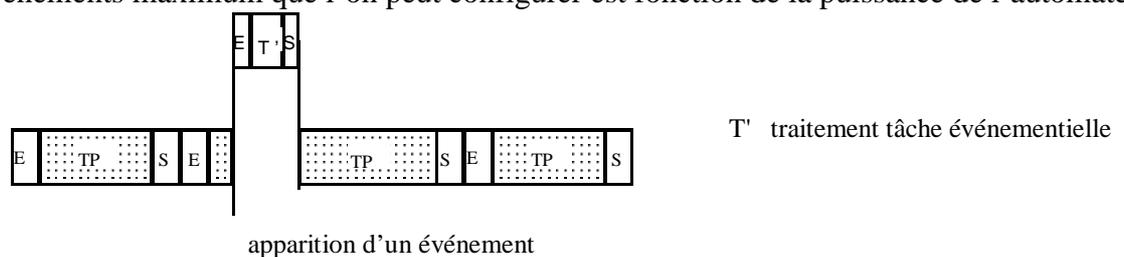
Dans cet exemple la tâche rapide est exécutée toutes les 20 ms

Fonctionnement de la tâche événementielle

Les traitements événementiels permettent de réduire le temps de réaction du logiciel sur des événements externes (apparition d'une entrée par exemple). L'apparition d'un tel événement déroute le programme application vers le traitement qui est associé à la voie d'entrées/sorties qui a provoqué l'événement.

En plus du programme d'application, les traitements événementiels exécutent des fonctions "système" liées à la gestion des entrées/sorties implicites qui leurs sont associées par configuration.

Le nombre d'événements maximum que l'on peut configurer est fonction de la puissance de l'automate programmable.



MODULE DE SECURITE TSX DPZ 10 D2A

Ce module s'intègre dans les automates programmables. La chaîne de sécurité permet de couvrir les fonctions de sécurité conforme à la norme EN 954-1.

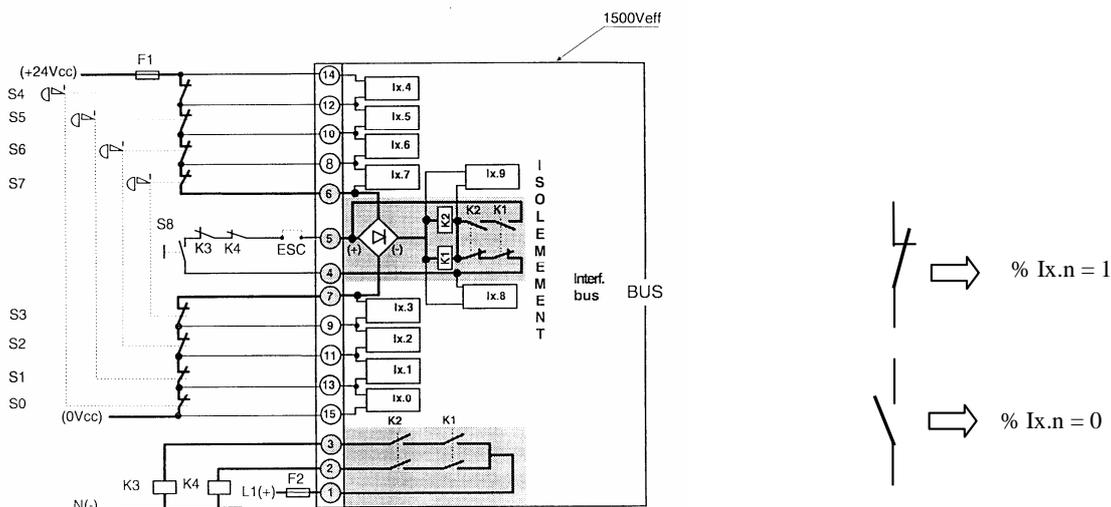
Le module offre le diagnostic complet de la chaîne de sécurité par la lecture de l'état de la chaîne d'arrêt d'urgence, de la boucle de retour et de la commande des deux circuits de sortie.

Ces informations sont transmises à l'unité centrale de l'automate sous forme de 10 bits entrées TOR. Le module se comporte comme un module entrée TOR classique.

L'automate n'agit pas sur le module de sécurité.

Il est obligatoire de protéger par un fusible unique l'alimentation du bloc de sécurité.

Ce fusible F1 (g1 – 1A) est un élément actif de la chaîne de sécurité.



ESC (condition de validation supplémentaire)

6 - 7	Alimentation de la chaine de sécurité.
1 - 2 et 1 - 3	Sorties de sécurité, libre de potentiel.
4 - 5	Boucle de retour (ESC: conditions de validation supplémentaires).
14 - 15	Surveillance alimentation externe 24 Vcc du module.
14 - 12, 12 - 10, 10 - 8, 8 - 6, 7 - 9, 9 - 11, 11 - 13, 13 - 15,	8 voies de lecture pour les contacts secs des entrées BP d'arrêt d'urgence ou interrupteurs de position

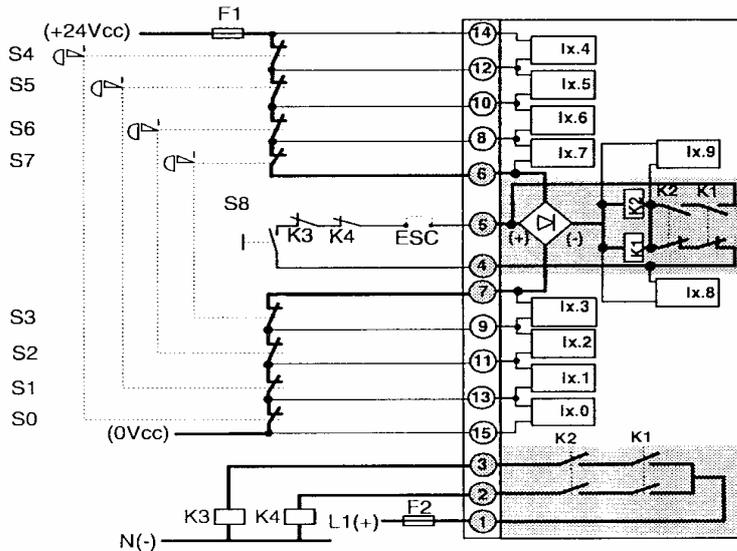
Le module est structuré en quatre fonctions :

- Alimentation externe du module 24Vcc pour les blocs de lecture des entrées (bornes 14 et 15) et pour le bloc de sécurité (bornes 6 et 7).
- Bloc de sécurité réalisé en composants câblés (gris foncé sur le schéma).
- Les blocs de lecture pour diagnostic automate réalisés en composants discrets (symbolisé par Ix...), " x = 3 à 10 selon la position du module dans l'automate programmable.
- Le bloc interface et isolement galvanique avec bus automate.

EXEMPLE DE CABLAGE DU MODULE DE SECURITE TSX DPZ 10 D2A

1) Raccordement de BP arrêt d'urgence ou d'interrupteurs de position à deux contacts à ouverture. On peut diagnostiquer tous les contacts de la chaîne de sécurité.

Pour une utilisation de moins de 4 contacts doubles, il faut ponter les bornes d'entrées non utilisées.
Exemple : contacts S0 et S4 non utilisés.
Faire un pont entre 14 et 12 et un pont entre 13 et 15.

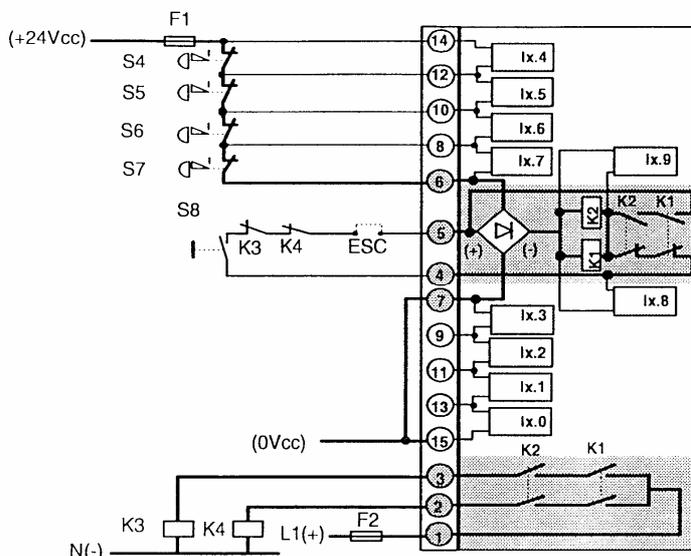


Voie	Symbole
0	S0
1	S1
2	S2
3	S3
4	S4
5	S5
6	S6
7	S7
8	Etat boucle de retour S8
9	Etat Commande Sorties

2) Raccordement de BP arrêt d'urgence ou d'interrupteurs de position à un seul contact à ouverture.

Les contacts de la chaîne de sécurité sont tous câblés sur la polarité positive.

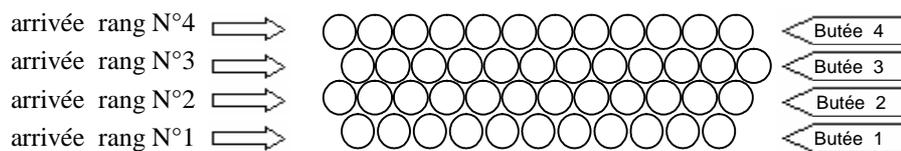
Pour une utilisation de moins de 4 contacts simples, il faut ponter les bornes d'entrées non utilisées.
Exemple : contacts S5 non utilisé.
Faire un pont entre 10 et 12.



Voie	Symbole
0	NS
1	NS
2	NS
3	NS
4	S4
5	S5
6	S6
7	S7
8	Etat boucle de retour S8
9	Etat Commande Sorties

NS Non Significatif

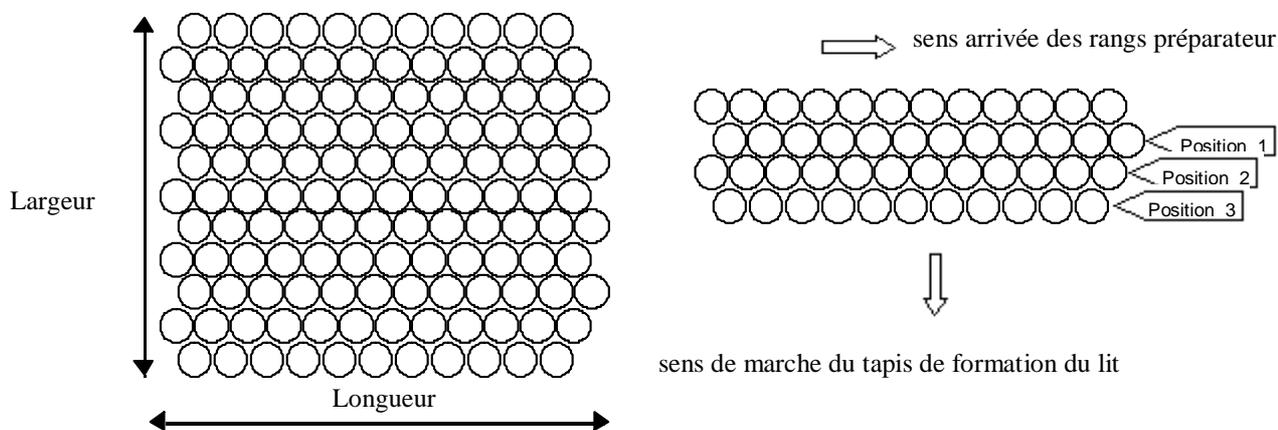
EXEMPLES DE CAS DE RANGEMENT DES BOUTEILLES



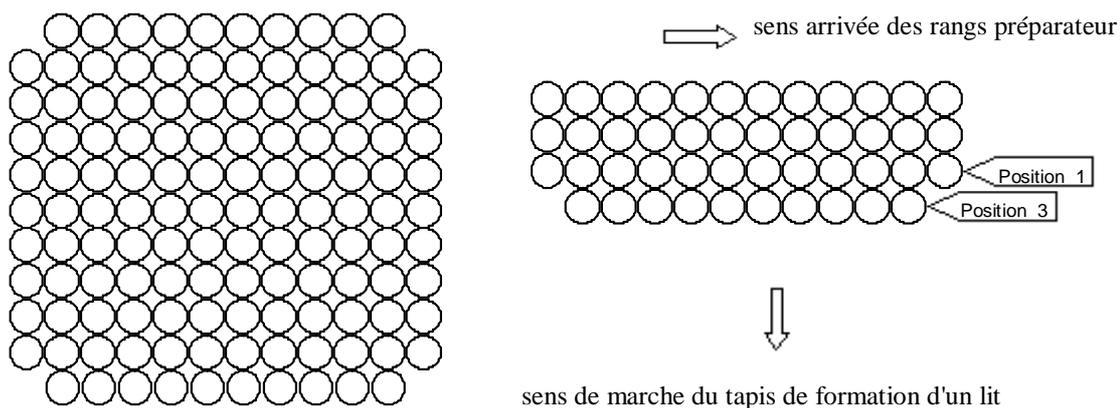
Chacune des butées a trois positions, elles permettent d'organiser le rangement des bouteilles et sont pilotées de la manière suivante:

- position 1 SI (V11 est faux ET V12 est faux)
- position 2 SI (V11 est vrai ET V12 est faux)
- position 3 SI (V11 est vrai ET V12 est vrai)

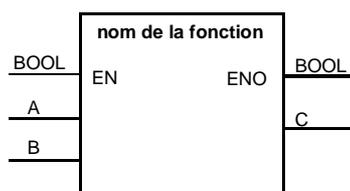
Cas 31



Cas 11



FONCTIONS



L'entrée EN (Enable) et la sortie
langage LD et facultatives en langage FBD.

A et B sont les entrées de la fonction.

C est la sortie de la fonction.

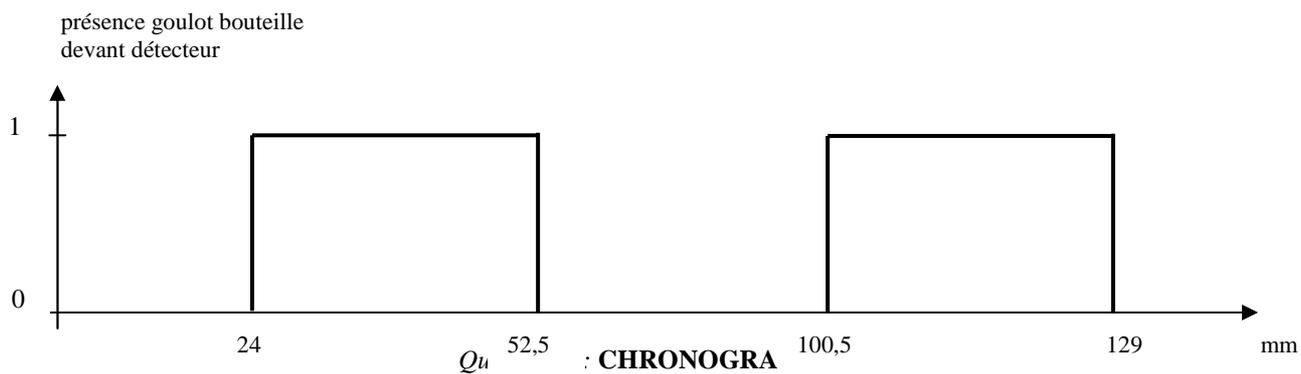
ENO (Enable Out) sont requises en

Description	Nom de la fonction
Addition	ADD
Soustraction	SUB
Division	DIV
Multiplication	MUL
Transfert	MOVE
Strictement inférieur	LT
Strictement supérieur	GT
Egalité	EQ
Inégalité	NE
OU logique	OR
ET logique	AND
NON	NOT

ADRESSAGE DES ENTREES DES SORTIES ET DES VARIABLES INTERNES

Désignation	Mnémonique	Adresse
Entrées		
Détecteur stock tampon rang 1 correct	D11	%I1.1
Sorties		
Premier vérin butée 1	V11	%Q2.1
Deuxième vérin butée 1	V12	%Q2.2
Variables internes		
Compteur de bouteilles rang 1	CT1	%MW101
Compteur de rangées rang 1	CT2	%MW102
Nombre maximum de bouteilles par rangées	NBR1	%MW201
<i>Nombre maximum de rangées</i>	NBR2	%MW202
<i>Bit butée bien positionnée</i>	B1	%M1

Question 3 : **DIAGRAMME D'ACTIVITE DU DETECTEUR**



Question 8 : SCHEMA DE CABLAGE DES MODULES DE SECURITE

