

BTS Maintenance industrielle

Automatismes et génie électrique

Épreuve d'automatismes

Sujet 0

Durée 3 heures. Aucun document autorisé

Première partie **1- Analyse du fonctionnement d'une installation existante**

Temps conseillé : 1 h 40 (dont lecture du sujet) Barème : 26 points

Deuxième partie **2- Étude et description d'une modification de la partie commande en vue d'amélioration de la sécurité en maintenance**

Temps conseillé : 1 heure Barème : 18 points

Troisième partie **3- Recherche d'une solution technique (PO et PC) de sécurité en intervention**

Temps conseillé : 20' Barème : 6 points

Le texte du sujet et les documents associés correspondent aux seules pages 1 à 11.

Les pages suivantes, 12 à 18, sont à destination des professeurs pour prolonger éventuellement l'étude de l'installation proposée.

Les eaux minérales sont conditionnées :

- en bouteilles de contenance variable (0,25 l ; 0,75 l ; 1,5 l) et de matériau variable (verre ou plastique) ;
- en boîtes (0,25 l ; 0,33 l).

Elles sont ensuite regroupées (par 6, 12 ou 24) en packs, pour être enfin disposées automatiquement sur une palette avant houssage thermorétractable.

L'unité de production, dont l'îlot de regroupement terminal est l'objet de cette étude, comporte 7 lignes de production:

- une ligne de production "TGV" de grande capacité ;
- deux lignes de production de capacité moyenne ;
- quatre lignes de production auxiliaires pour les produits spécifiques (pack, bouteilles verres, produits aromatisés).

L'îlot de regroupement terminal comporte une navette à grande vitesse qui permet de transférer les palettes des tables à rouleaux de fin de ligne vers la ligne commune d'évacuation.

Le **document 1** montre l'organisation générale de l'îlot (lignes, navette, enceinte et portillon), en vue de dessus, et en précise les principaux capteurs. La zone navette de l'îlot est délimitée par une enceinte fermée sauf aux points de passage des palettes.

Son fonctionnement est décrit par le grafset point de vue système **figure 1, document 3**. La commande de l'îlot est assurée par un automate programmable.

Présentation du problème

Une évolution de l'automatisation de l'îlot est décidée par l'entreprise : la responsabilité de sa réalisation en est confiée au service maintenance de l'unité de production.

Cette évolution répond à plusieurs objectifs. Deux sont abordés dans cette étude :

- 1- Améliorer le niveau de sûreté des chaînes relatives à la sécurité d'arrêt.
- 2- Améliorer la sécurité de l'installation lors des opérations de maintenance : interdire tout passage éventuel d'un intervenant de la zone navette à l'une des zones de ligne par les sas entre ces lignes et les tables d'extrémité (cette potentialité de contourner les sécurités de ligne pour intervenir sur des lignes en fonctionnement a été observée, malgré son extrême danger).

Travail demandé

Remarque : les questions 1, 2 et 3 sont indépendantes et peuvent donc être traitées séparément. Il est cependant conseillé de les aborder dans cet ordre.

1 Analyse du fonctionnement actuel de l'installation

1-1 Étude du fonctionnement en production normale

1.1.1 Déchargement de la ligne 3

Le grafcet point de vue partie commande de l'îlot est présenté document 3 (figure 2) et document 4 ; la caractérisation des E/S est donnée document 2. On suppose que la situation actuelle de ce grafcet est (1,11,101). Les états des demandes de déchargement de ligne sont les suivants : $d1=d2=0$; $d3=1$; $d4=d5=d6=d7=0$.

Remarque sur le principe de gestion des appels de déchargement de lignes : les appels des lignes 2 à 7 sont gérés au moyen d'une structure de type pile FIFO, pour élaborer les informations dli . À un instant donné, une et une seule des informations dli est à 1 : celle correspondant à la ligne dont c'est le tour d'être déchargée. La ligne 1 est prioritaire sur toutes les autres.

- Analyser et expliquer l'enchaînement des situations, les actions associées, ainsi que les réceptivités associées aux évolutions. On pourra représenter ces évolutions par un tableau tel que celui ci-dessous :

Situation	Action(s)	Condition d'évolution
(1, 11, 101)	—	$d13 \cdot X11 \cdot d11 = 1$
(2, 11, 101)		...
(31, 11, 101)	Mn, \dots	

Ne pas détailler les évolutions des macro-étapes.

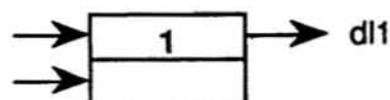
1-1-2 Appels simultanés

Même question avec les états de demandes suivants : $d1=1$; $d2=d3=0$; $d4=1$; $d5=d6=d7=0$.

1.1.3 Priorité de la ligne 1

Justifier, à partir du grafcet document 4, qu'un appel de la ligne 1 est bien prioritaire sur tous les autres appels.

On mémorise l'appel de la ligne 1 au moyen d'une mémoire : donner les conditions de mise à un et à zéro de cette mémoire, en fonction de $pp1$ et de l'état d'étape(s) du grafcet GPN0.



1.1.4 Actions

Justifier l'utilisation d'actions conditionnelles dans les étapes 31, 32, 51 à 53.

1.2- Expansion de la macroétape 4

En s'appuyant sur la description de l'expansion de la macroétape 2 (voir document 4), représenter l'expansion de la macroétape 4, relative à la phase de retour de la navette.

1.3- Étude des modes de marche et d'arrêt

En cas de consigne d'arrêt d'urgence, l'arrêt du fonctionnement, par mise hors énergie de la partie opérative, est obtenu par câblage direct (réalisation actuelle par mise en série des contacts d'arrêt d'urgence dans le circuit d'alimentation du relais-maître). L'information de consigne d'arrêt d'urgence est également transmise à l'automate programmable : l'effet (actions associées à l'étape 100) est alors de figer le grafcet partiel GPNO dans la situation en cours et de forcer le graphe de conduite GC en situation initiale. L'opérateur, après disparition de l'arrêt d'urgence, peut alors :

- soit effectuer la reprise en mode auto à partir de la situation en cours à l'apparition de l'au ;
- soit passer en mode manuel pour pallier un éventuel dysfonctionnement.

Questions

On se propose d'analyser les ordres associés aux étapes 10 et 13 du grafcet de conduite GC (voir documents 3 et 4).

1.3.1- Expliquer ce qui pourrait se passer, lors d'une reprise après un arrêt d'urgence :

- a) si l'ordre de figeage $GPNO \{*\}$ était absent de l'étape 10 ;
- b) si, dans la situation de reprise $\{*, 10, 101\}$ $GPNO \{*\}$ étant émis dans l'étape 10, les sorties de l'API vers les contacteurs n'étaient pas mises hors énergie par l'annulation de l'ordre MS (MS si /X10 dans l'étape 101) ;
- c) si, après passage en manuel, l'ordre $GPNO \{1\}$ n'existait pas.

1.3.2- Commenter la reprise après passage en manuel. Comment l'opérateur est-il informé ?

1.3.3- La condition C.I. n'est pas présente dans la réceptivité entre les étapes 10 et 11, laissant ainsi la responsabilité de la reprise en automatique à l'intervenant. À votre avis, pourquoi cette solution a-t-elle été retenue ? Présente-t-elle des risques et, si oui, lesquels ?

2- Étude et amélioration de la sécurité d'arrêt de l'installation

Le document 5 détaille la nouvelle organisation retenue pour la tête de filerie (c'est-à-dire l'alimentation en énergie de la partie commande et de la partie opérative). Elle permet d'améliorer fortement le niveau de sûreté sur consigne d'arrêt de sécurité.

Le schéma montre le traitement redondant des informations de sécurité (pour une consigne d'arrêt d'urgence, au, ou la détection d'une non-fermeture d'un portillon d'accès à la zone, cfp). La redondance de traitement des sécurités (principe dit également du "double canal") comporte :

- d'une part, comme dans le schéma antérieur, un traitement direct câblé des informations de sécurité (avec effet sur les relais RAu et RMS),
- d'autre part, un traitement parallèle par programme de ces informations, agissant sur la validation ou non des communs d'alimentation de commande et de puissance (avec effet sur les sorties automate AuA et MS) et sur les sorties actionneurs (KM1 et KM2 par exemple).

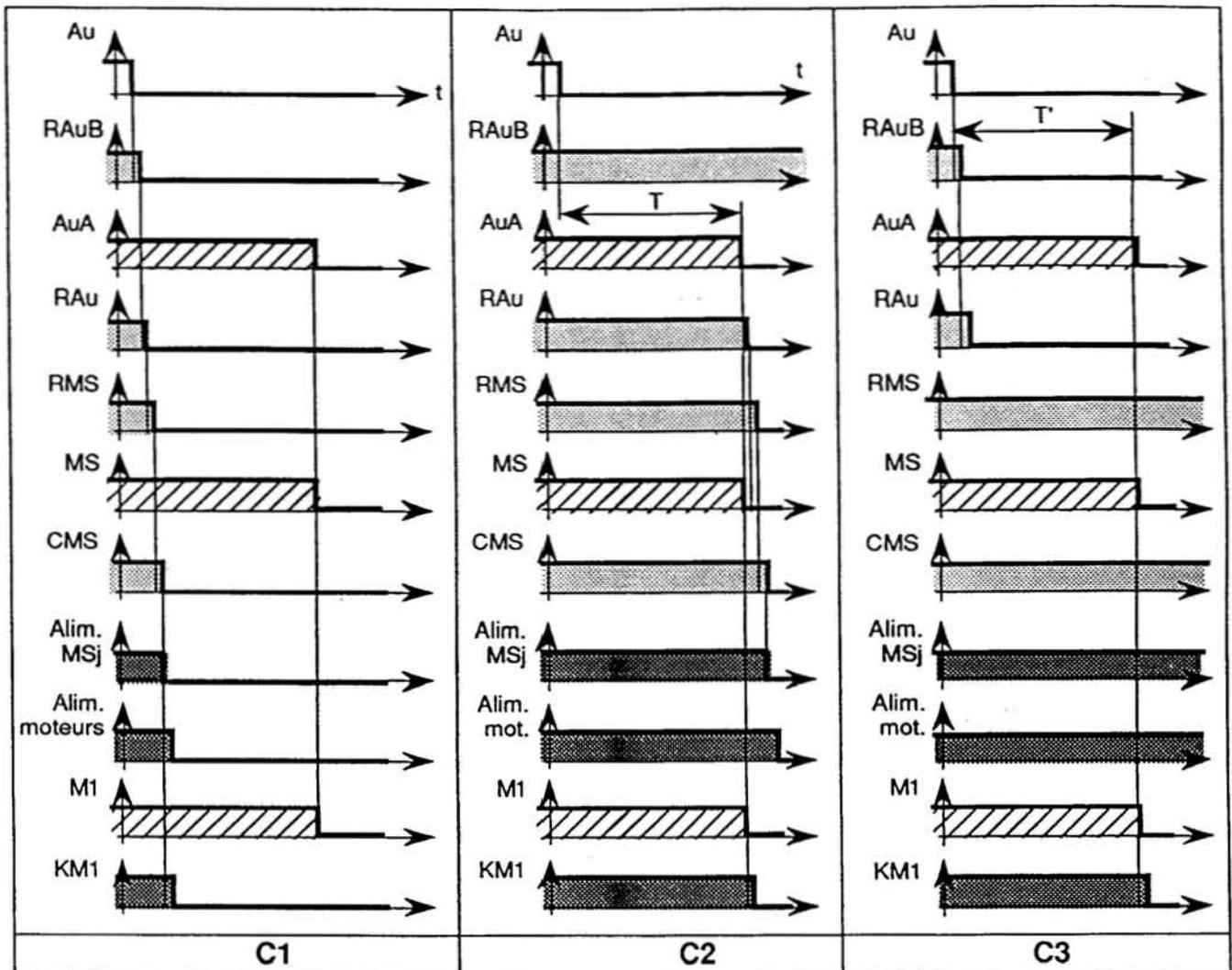
2-1 Redondance d'action d'un événement de sécurité

Un événement de sécurité de type arrêt d'urgence a un effet sur les actionneurs par l'intermédiaire de trois niveaux d'action :

- a : un effet global sur l'alimentation en énergie des actionneurs ;
- b : un effet global sur les commandes des actionneurs - sorties API- ;
- c : un effet individuel sur chaque commande d'actionneur.

Les chronogrammes ci-après décrivent trois modes d'action des sécurités.

- Le premier chronogramme, C1, correspond au fonctionnement normal, tous les constituants étant en état de service : il montre l'enchaînement en cascade des coupures de circuits à partir de la disparition du signal au provoqué par l'appui sur un bouton d'arrêt d'urgence.
- Le chronogramme C2 montre comment est obtenu effectivement l'arrêt "d'urgence" dans le cas où le relais RAuB présente une défaillance.
- Le chronogramme C3 montre l'obtention de l'arrêt lorsque le relais maître RMS est défaillant.



Questions

À partir du chronogramme ci-dessus et du schéma général du document 5 :

2.1.1 Commenter le chronogramme C1 en précisant l'enchaînement des effets induits par l'appui sur le bouton arrêt d'urgence (par exemple : l'appui sur le bouton poussoir BAU interrompt l'alimentation du relais RAuB et met l'entrée au à 0 ; à la retombée du relais RAuB, son contact NO interrompt l'alimentation de ... ; par ailleurs la mise à 0 de l'entrée au provoque...). Justifier que l'arrêt d'urgence est obtenu même si l'automate programmable est défaillant.

2.1.2- Dans le cas du chronogramme C2 :

- Quel est le mode de défaillance probable du relais RAuB ?
- Commenter l'obtention de l'arrêt d'urgence différé.
- À quoi est dû le retard T ?

2.1.3- Commenter l'obtention de l'arrêt dans le cas du chronogramme C3 ?

2.2- Reprise après arrêt d'urgence

La directive européenne et la norme EN 292 sur la sécurité des machines imposent, qu'après un arrêt de sécurité, la reprise ne puisse s'effectuer qu'à la suite d'une action volontaire d'un intervenant sur un organe de service prévu à cet effet (bouton "reprise", ou équivalent).

Cet objectif de sécurité "secondaire" (la sécurité primaire, c'est l'obtention sûre de l'arrêt : voir 2.1) est ici pris en charge complètement par l'automate : l'ensemble de la sécurité secondaire (reprise après arrêt, surveillance du fonctionnement) fait l'objet d'un traitement dont le résultat est de valider ou non l'alimentation du relais de mise en service RMS (par l'intermédiaire de la sortie MS).

Questions

Remarque importante : la consigne d'arrêt d'urgence est associée à l'état 0 de l'entrée au (principe dit de sécurité positive).

- Justifier que la structure du grafcet GAu (**document 3**) répond au besoin.
- En tenant compte **des E/S réelles** de l'API (**voir module ME0 document 5**) :
 - montrer l'intérêt du principe de sécurité positive en cas de défaut quelconque dans la chaîne d'acquisition entre le bouton BAU et le traitement par l'automate ;
 - modifier le grafcet GAU en conséquence ;
 - compléter la représentation (en utilisant les outils de votre choix : GRAFCET, équations booléennes, diagramme en échelle...) pour intégrer l'élaboration de la sortie AuA ;
 - donner l'expression combinatoire minimale de la sortie M1 (sortie associée à l'action MT1 du grafcet GPN0), intégrant la prise en compte de l'arrêt d'urgence.

3- Sécurité de contrôle des passages entre la zone navette et les lignes

Des manquements graves à la sécurité ont pu être observés lors d'interventions : après être entrés en zone navette ou en zone ligne pour effectuer une intervention, provoquant ainsi (actuellement) l'arrêt total de la zone, donc des tables, certains intervenants utilisent le fait qu'une fin de ligne soit vide de palette pour passer d'une zone à l'autre (de la zone navette arrêtée à une zone ligne, sans arrêter celle-ci ; ou réciproquement, d'une ligne Li arrêtée pour accéder en zone navette). Et vont jusqu'à attendre que cette situation se produise (lors d'un déchargement de table d'extrémité) pour provoquer volontairement un arrêt de ligne ou de zone navette afin de leur permettre un tel accès. Il s'agit évidemment d'une situation présentant un risque extrême, mettant ici leur vie en jeu, risque qu'ils choisissent néanmoins de prendre car il leur permet d'effectuer des observations impossibles par ailleurs (du fait évidemment de la mauvaise conception actuelle de l'installation).

Outre les modifications envisagées précédemment sur la zone navette (mode manuel possible en zone, arrêt sélectif, ...) et d'autres modifications indispensables sur les lignes pour supprimer le besoin de prendre ces risques, il est néanmoins décidé de s'en prémunir par une surveillance des sas entre zones, permettant de discriminer entre le passage d'un intervenant et celui d'une palette.

Les caractéristiques des sas sont données ci-contre. On admettra :

- que l'encombrement latéral mini d'un intervenant est de 25 cm ;
- que le passage d'un intervenant est impossible dès qu'une palette est présente dans le sas (sas occupé) ou en extrémité de ligne.

Question

Proposer une solution globale permettant de déceler une tentative de franchissement du sas par un intervenant.

- Justifier que la surveillance n'est nécessaire qu'en mode manuel. On distinguera alors deux cas selon que l'avance manuelle des palettes est demandée ou non.

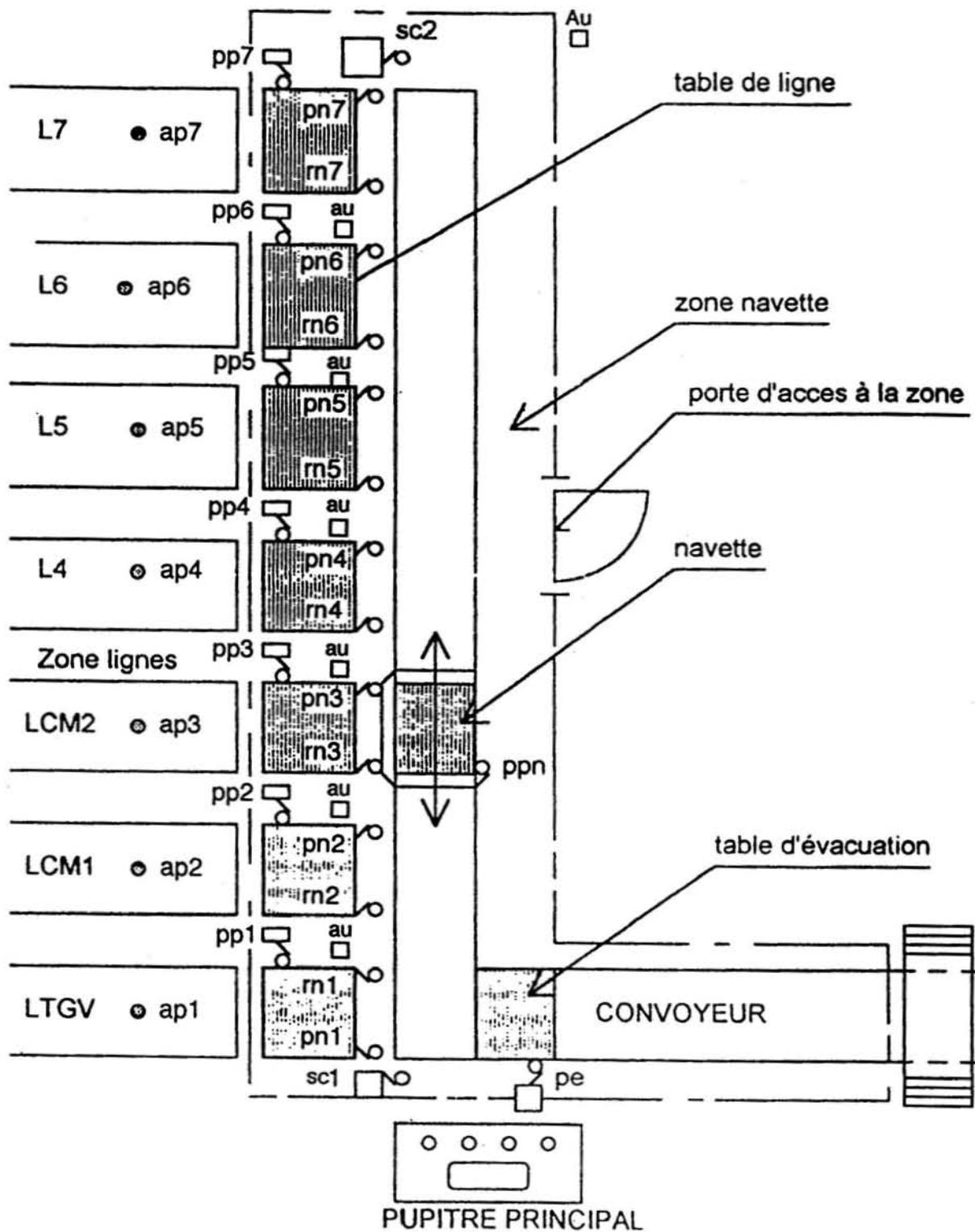
On s'attachera à envisager les solutions que pourrait trouver les intervenants pour contourner une détection (en écartant les bras, en passant avec un carton, ...) et à les pallier au mieux.

On s'attachera aussi à rechercher une solution de coût raisonnable..



Document 1

Vue générale et repérage des capteurs de la zone navette



Document 2

Descriptif des actionneurs et des capteurs

Désignation	E/S associée	Caractéristiques
Table à rouleaux de ligne i (i=1 à 7) Motoréducteur d'entraînement palettes Détecteur d'arrivée palette Détecteur de position "palette présente en extrémité de ligne" Détecteur de positionnement navette devant la ligne* Détecteur de début de décélération navette*	MTi api ppi pni mi	Moteur asynchrone triphasé 2 kW Détecteur photoélectrique en montage barrière Détecteur mécanique Détecteur mécanique (actionné par une came sur navette)
Table d'évacuation Motoréducteur d'entraînement palettes Détecteur d'évacuation palette	MTe pe	Moteur asynchrone triphasé 2 kW Détecteur mécanique
Navette Motoréducteur d'entraînement Navette Motoréducteur d'entraînement Palette — commande de déverrouillage frein — sélection marche avant (de p1 vers pi) — sélection marche arrière (de pi vers p1) — sélection rampe accélération — sélection rampe décélération — sélection grande vitesse — sélection petite vitesse Détecteur de surcourse Détecteur de position palette présente	Mn (MTn) DVF MAV MAR SRA SRD GV PV sc1 sc2 ppn	Moteur asynchrone triphasé 2 kW Moteur frein asynchrone triphasé 5 kW Frein intégré au moteur (variateur à 4 quadrants) Détecteur de sécurité Détecteur mécanique
Sécurité d'ilot Bouton(s) d'arrêt d'urgence Contrôle de fermeture portillon	au cfp	Voir schéma document 5 Idem (un détecteur par portillon)

* Position des capteurs inversée du fait des sens de déplacement navette.

Remarque : les moteurs de navette ne sont pas figurés sur le schéma de la page 2.

E/S (C.I. et Ref) relatives à l'état de référence de l'ilot

L'état de référence de l'ilot est associé à la situation initiale du Grafset de production normale GPN0. Il n'est relatif qu'à l'état de la navette, indépendamment de l'état des lignes de production. Cet état de référence est défini comme : navette arrêtée en position devant la ligne 1, vide de palette (et palette précédente évacuée). À cet état de référence sont associées :

- l'information C.I (élaborée par la PC ; non détaillée ici) ;
- la sortie Ref (signalisation à opérateur que l'état de référence est obtenu).

Document 3

Grafcet de la zone navette de l'installation

Figure 1 : grafcet point de vue système

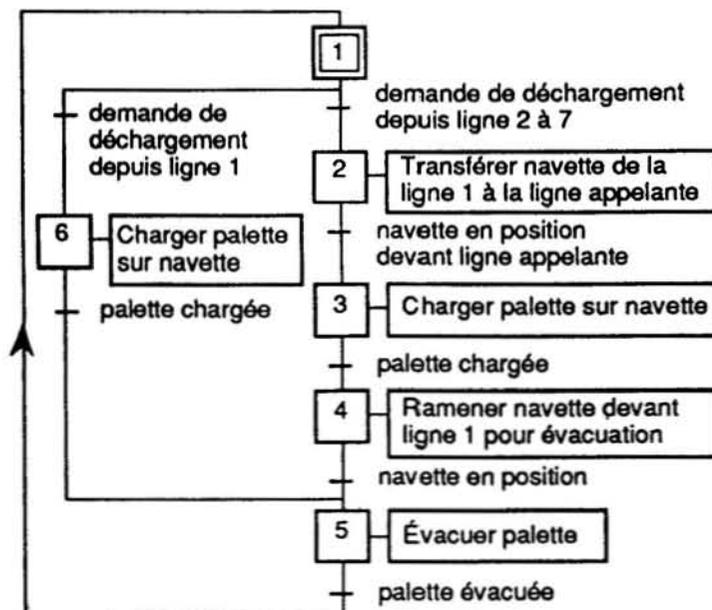
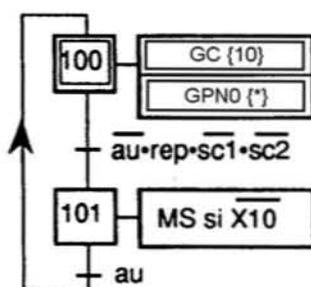


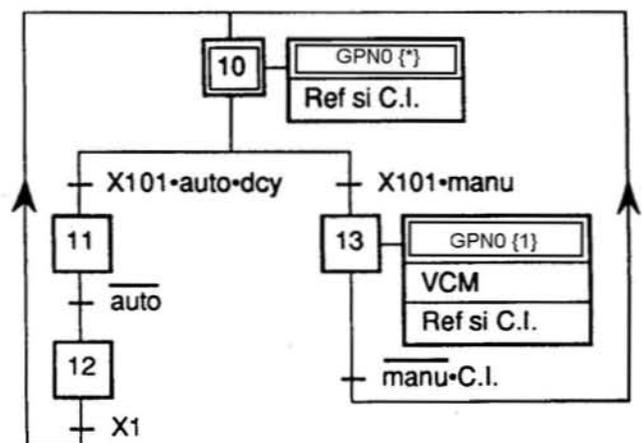
Figure 2 : grafcet point de vue partie commande

GAu : grafcet de sécurité

GC : grafcet de conduite



- MS est associé à une sortie automate autorisant la mise en énergie des actionneurs et des préactionneurs ;
- rep est une autorisation de reprise de fonctionnement après arrêt d'urgence (voir schéma document 5).

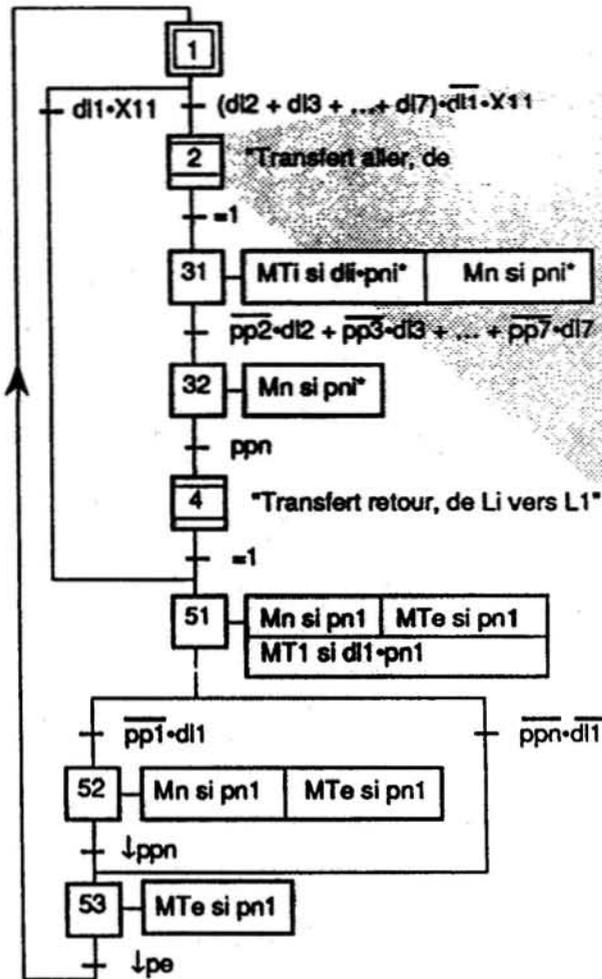


L'ordre VCM (pour validation commandes manuelles) est associé à une sortie automate autorisant la commande manuelle séparée de chacun des actionneurs.

Document 4

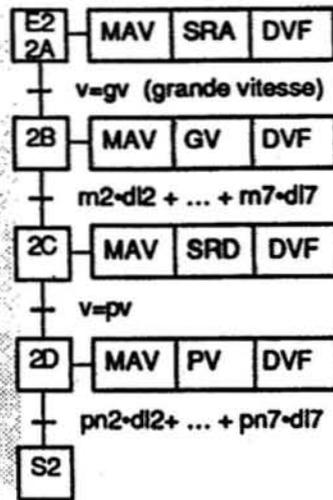
Grafcet de la zone navette de l'installation (fin)

GPN0 : grafcet de production normale



* Sécurité combinatoire de verrouillage de transbordement hors navette en position.

Expansion de la macroétape 2 de GPN0



GPNi : grafcets partiels d'ame-nage des palettes sur les tables d'extrémité

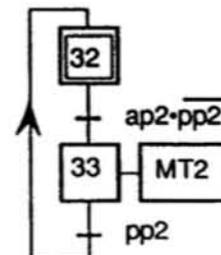
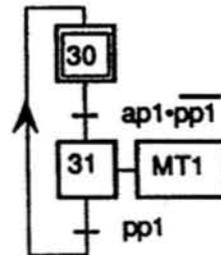


Schéma général de tête de filerie

