



Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.

Campagne 2010

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

Session 2010

BTS MECANIQUE ET AUTOMATISMES INDUSTRIELS

EPREUVE E5

Conception détaillée de la partie commande

Sous-épreuve 51

Analyse et étude détaillée des fonctions de commande

Durée : 4 h 30 min

Coefficient 2

MACHINE D'ASSEMBLAGE DE BUTÉES D'AMORTISSEUR

TOUS LES DOCUMENTS SONT AUTORISÉS

Documents remis aux candidats :

- Présentation générale _____ pages blanches de 1 à 3
- Travail demandé _____ pages jaunes de 4 à 9
 - Partie 1 : Imaginer une solution technique de commande (durée conseillée 3 h 30)
 - Partie 2 : Décrire le fonctionnement détaillé d'une partie commande (durée conseillée 1 h)
- Documents ressource _____ pages vertes de 10 à 11
- Documents réponses _____ pages bleues de 12 à 16

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

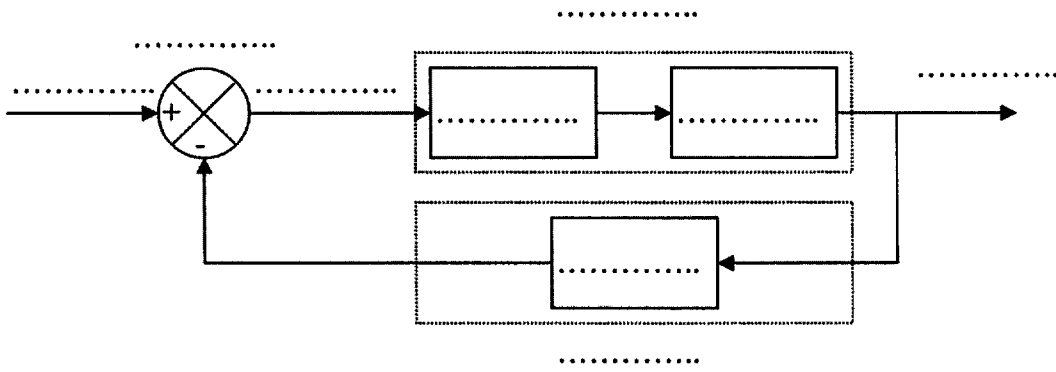
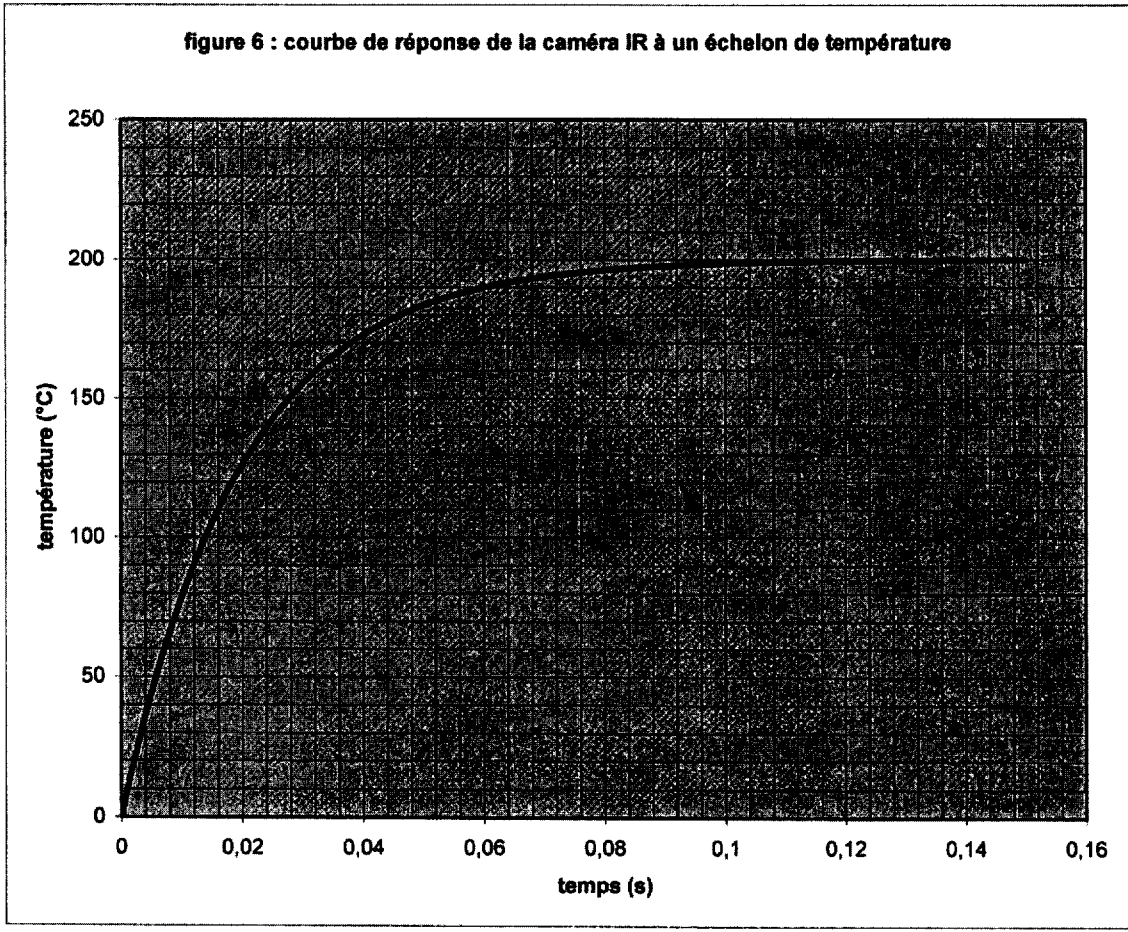


Figure 5 : schéma fonctionnel simplifié de la régulation du four



| | | |
|--|------------------|-----------------|
| BTS Mécanique Automatismes Industriels | SUJET | Session 2010 |
| Épreuve U32 Sciences Physiques | Durée : 2 heures | Coefficient : 2 |
| CODE : MSE3SC10 | | Page 10/10 |

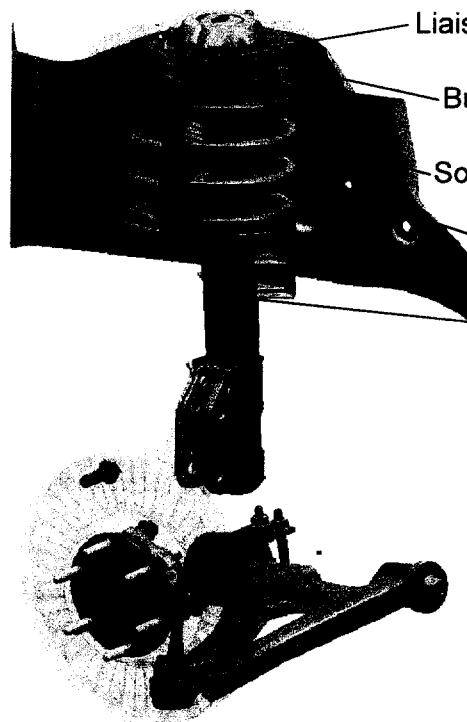
MACHINE D'ASSEMBLAGE DE BUTÉES D'AMORTISSEUR

La société SKF, leader mondial de la fabrication de roulements, fabrique des butées d'amortisseur. La machine d'assemblage de ces butées, présentée page 3, fait l'objet de cette étude.

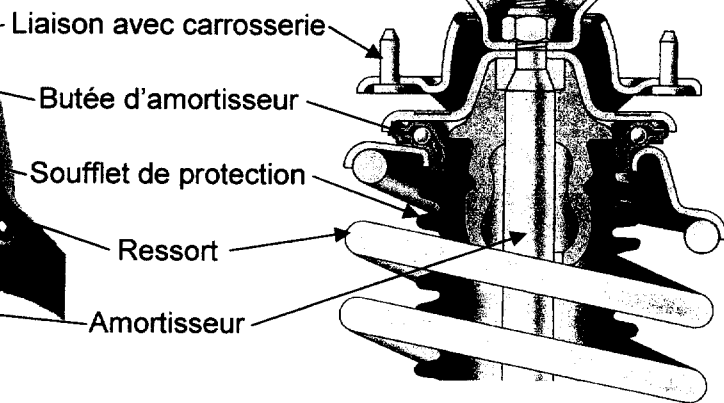
Présentation du produit

Sur les véhicules modernes, la liaison entre chaque amortisseur et la carrosserie est assurée par une butée d'amortisseur à billes. Cet élément étant un organe de sécurité, tous les produits sortants de la machine d'assemblage doivent être conformes. En conséquence, l'assemblage de ceux-ci est effectué avec le plus grand soin et de nombreux contrôles sont intégrés tout au long du processus.

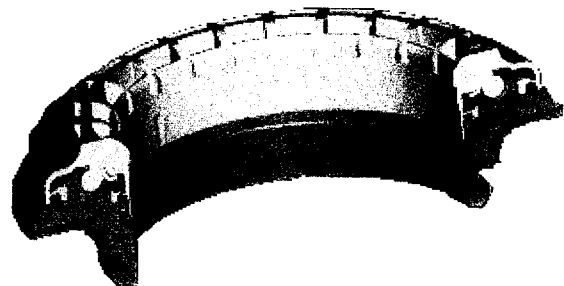
Exemple de suspension



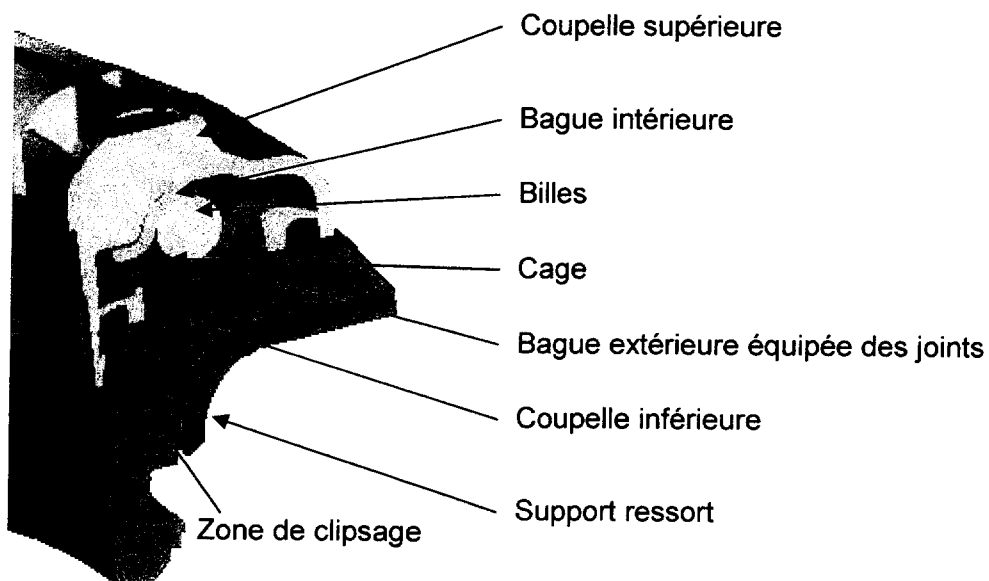
Exemple de liaison



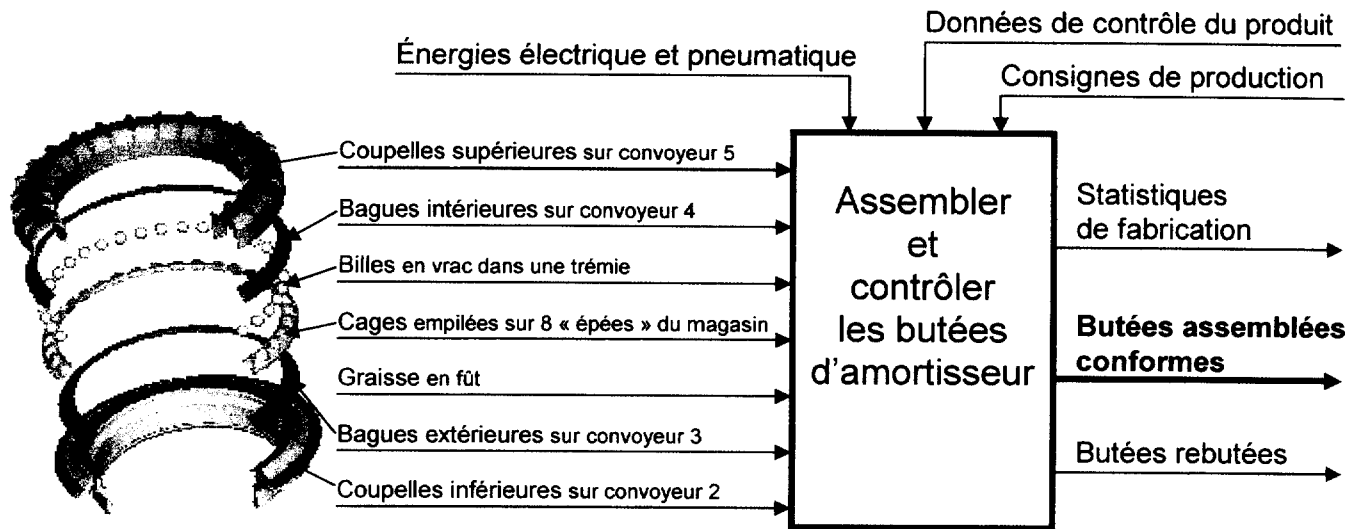
Exemple de butée



Coupe partielle d'une butée



Fonction globale de la machine d'assemblage

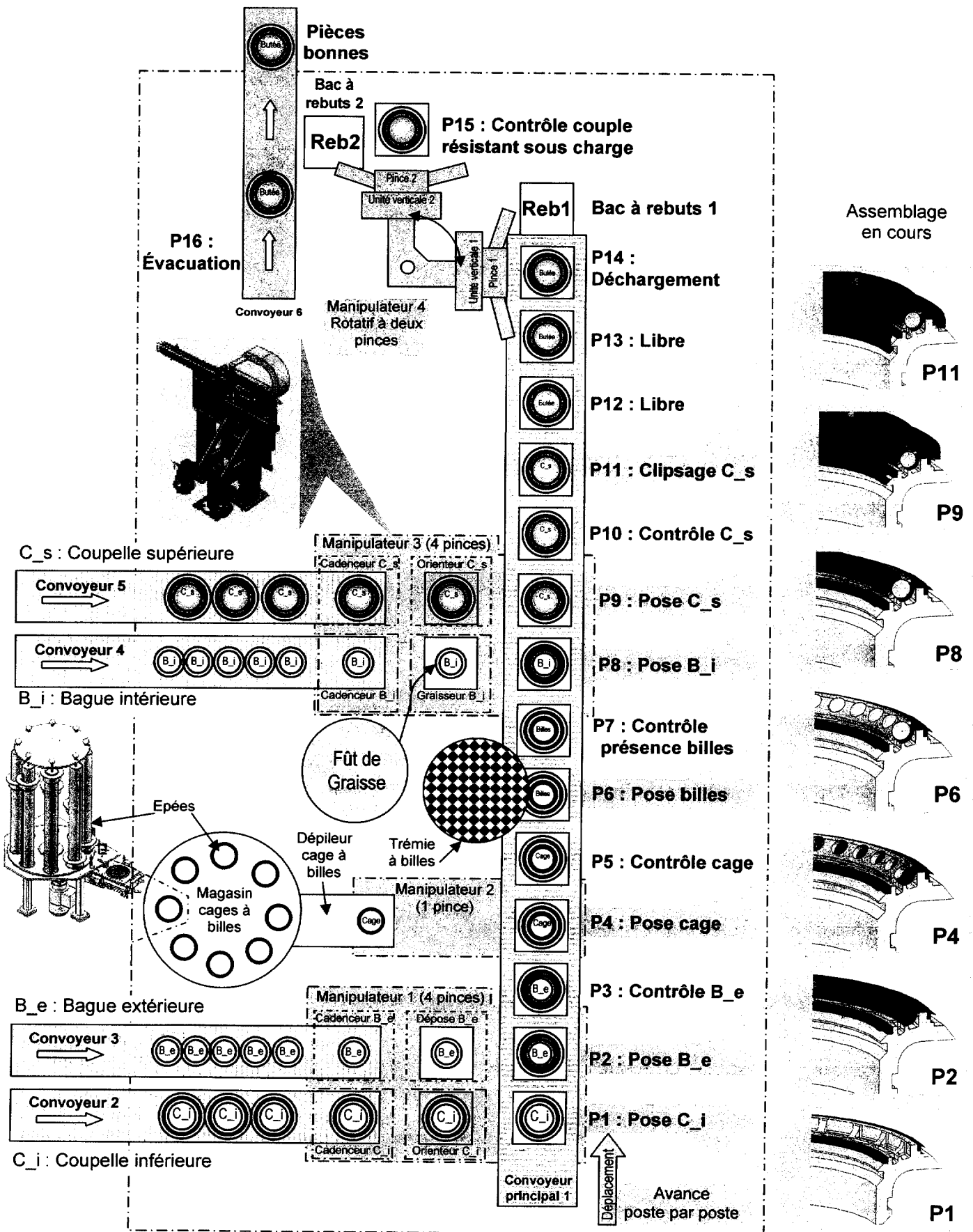


Éléments du cahier des charges fonctionnel

Selon norme NF X 50 -151 : F0 =impératif ; F1 =peu négociable ; F2 =négociable ; Fsi =Fonctions de service

| Fonctions | Réalisé par | Critères d'appréciation | Niveau | Flexibilité |
|--|---------------------------|--|--------------------------|-------------|
| FP1 : Produire à la cadence demandée | Tous les postes | Production Disponibilité | 800 butées/h 80% mini | F0 |
| FT1 : Avancer les postes d'assemblages | Convoyeur principal 1 | Précision d'arrêt | 0,1 mm | F0 |
| FT2 : Sélectionner une coupelle inférieure | Cadenceur C_i | Ne pas ralentir le cycle | | F0 |
| FS3 : Orienter la coupelle inférieure | Orienteur C_i | Précision orientation | 0,1 degré | F0 |
| FT4 : Sélectionner une bague extérieure | Cadenceur B_e | Ne pas ralentir le cycle | | F2 |
| FT5 : Transférer coupelles inférieures et bagues extérieures sur convoyeur principal 1 | Manipulateur 1 (4 pinces) | Précision déplacement | 0,1 mm | F0 |
| FT6 : Dépiler et orienter une cage à billes | Magasin cages | Aucune déformation permanente Précision orientation | 0,1 degré | F0 |
| FT7 : Transférer une cage à billes | Manipulateur 2 (1 pince) | Précision déplacement | 0,1 mm | F0 |
| FT8 : Déposer les billes | Poste 6 | 99,5% de dépose correcte | | F0 |
| FT9 : Contrôler la présence des billes | Poste 7 | Aucune bille absente non détectée | | F0 |
| FT10 : Graisser la bague intérieure | Graisseur B_i | Angle de dépose | 300 degrés | F0 |
| FT15 : Transférer butées assemblées | Manipulateur 4 (2 pinces) | Précision d'arrêt | 0,1 mm | F0 |
| FT16 : Contrôler le couple résistant sous charge | Poste 15 | Aucune butée non-conforme non détectée | | F0 |
| FT17 : Évacuer les butées | Convoyeur 6 | Ne pas ralentir le cycle | | F0 |

Synoptique de la machine d'assemblage



PARTIE I : IMAGINER UNE SOLUTION TECHNIQUE DE COMMANDE

1 Évaluer la productivité

Les principales contraintes de productivité sont décrites dans l'extrait du cahier des charges fonctionnel page 2.

Question 1 :

A partir de ces contraintes :

- préciser la cadence maximale de la machine ;
- justifier que la durée **maximale** du cycle **tc** doit être de 3,6 s.

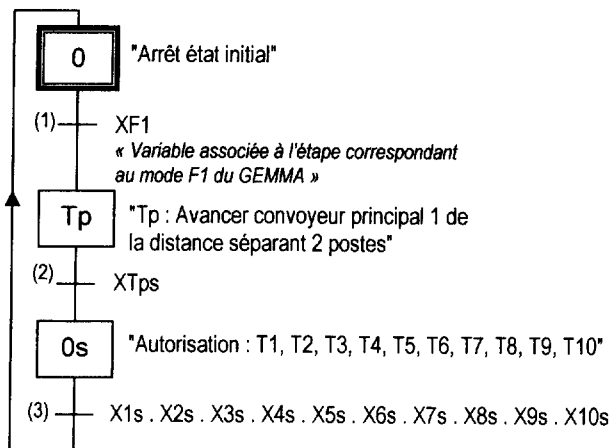
2 Étudier la synchronisation du Grafcet de Coordination des Tâches principal (GCT0) avec les grafquets des tâches (GTi)

L'étude de la machine amène à une décomposition en 11 tâches :

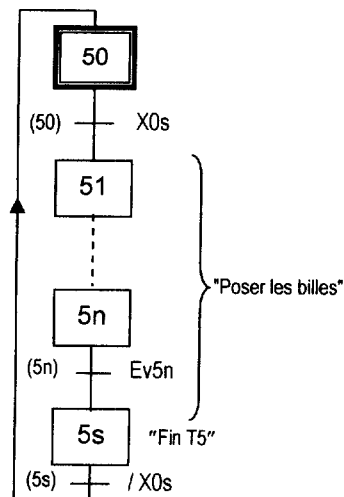
| | | |
|-----|---|----------------------------------|
| Tp | Avancer le convoyeur principal 1 de la distance séparant 2 postes (0,6 s). | |
| T1 | Préparer une coupelle inférieure et une bague extérieure Poser une coupelle inférieure orientée sur le convoyeur principal 1 Poser une bague extérieure sur la coupelle inférieure | Poste 1 Poste 2 |
| T2 | Contrôler la position de la bague extérieure | Poste 3 |
| T3 | Préparer une cage à billes Poser une cage à billes sur la bague extérieure | Poste 4 |
| T4 | Contrôler la position de la cage à billes | Poste 5 |
| T5 | Poser les billes sur la cage à billes | Poste 6 |
| T6 | Contrôler la présence de toutes les billes | Poste 7 |
| T7 | Préparer et graisser une bague intérieure Préparer et graisser une coupelle supérieure Poser une bague intérieure graissée sur les billes Poser une coupelle supérieure orientée et graissée sur la bague intérieure | Poste 8 Poste 9 |
| T8 | Contrôler la position de la coupelle supérieure | Poste 10 |
| T9 | Clipser la coupelle supérieure avec la coupelle inférieure | Poste 11 |
| T10 | Décharger le convoyeur principal 1 Effectuer le contrôle de couple Évacuer les produits | Poste 14 Poste 15 Poste 16 |

Pour cette question, l'étude se limitera aux 3 grafquets suivants : GCT0 ; GT5 et GT9.

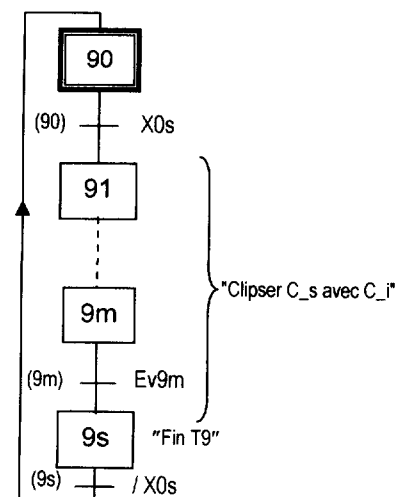
GCT0 (GCT principal)



GT5 (Tâche T5)



GT9 (Tâche T9)



Question 2 :

En retenant, pour cette question, "X5s . X9s" comme réceptivité associée à la transition (3) du GCT0, compléter en interprétation intuitive, dite "pas à pas", le tableau d'évolutions sur le document réponse 1 page 12.

3 Établir un Grafcet de Coordination des Tâches, évaluer la durée d'une tâche

Dans cette partie, on se propose d'étudier la tâche T1 qui gère le manipulateur 1 et les postes : "Cadenceur C_i", "Orienteur C_i", "Cadenceur B_e" et "Dépose B_e" (voir synoptique de la machine page 3). Le convoyeur 2 et le convoyeur 3 sont toujours en service et ne sont pas gérés par cette tâche.

La tâche T1 est constituée de 7 sous-tâches coordonnées par le grafcet GT1. Deux étapes (repères : 10 et 1s) assurent la synchronisation de GT1 avec GCT0 décrit page 4.

Les sous-tâches gérées par GT1 sont :

| Sous-tâche | Description |
|------------|---|
| T1a | Saisir les pièces (descendre les 4 pinces, ouvrir les pinces, monter les pinces) Cette tâche permet de : <ul style="list-style-type: none">- saisir une coupelle inférieure sur le poste "Cadenceur C_i" ;- saisir une coupelle inférieure orientée sur le poste "Orienteur C_i" ;- saisir une bague extérieure sur le poste "Cadenceur B_e" ;- saisir une bague extérieure sur le poste "Dépose B_e". |
| T1b | Avancer les pièces vers convoyeur principal 1 |
| T1c | Déposer les pièces (descendre les 4 pinces, fermer les pinces, monter les pinces) Cette tâche permet de : <ul style="list-style-type: none">- poser une coupelle inférieure sur le poste "Orienteur C_i" ;- poser une coupelle inférieure orientée sur le convoyeur principal 1 au poste 1 ;- poser une bague extérieure sur le poste "Dépose B_e" ;- poser une bague extérieure sur la coupelle inférieure au poste 2. |
| T1d | Reculer les 4 pinces vides vers convoyeurs 2 et 3 |
| T1e | Sélectionner une coupelle inférieure avec "Cadenceur C_i" |
| T1f | Orienter une coupelle inférieure sur "Orienteur C_i" |
| T1g | Sélectionner une bague extérieure avec "Cadenceur B_e" |

L'étude des contraintes d'antériorités donne le tableau suivant :

| Sous-tâches | Temps | Début si | La fin autorise |
|--|-------------|---|-------------------------|
| T1c : Déposer les pièces | 1,1 s | (Fin T1 et Fin T1b) si X0s | Fin T1 et T1d et T1f |
| T1d : Reculer les 4 pinces | 0,5 s | Fin T1c | T1a |
| T1f : Orienter une coupelle inférieure | 0,3 à 0,9 s | Fin T1c | T1a |
| T1a : Saisir les pièces | 1,1 s | Fin T1d et Fin T1e et Fin T1f et Fin T1g | T1b et T1e et T1g |
| T1b : Avancer les pièces | 0,5 s | Fin T1a | T1c |
| T1e : Sélectionner une coupelle inférieure | 1,5 s | Fin T1a | T1a |
| T1g : Sélectionner une bague extérieure | 1,4 s | Fin T1a | T1a |

Question 3-1 :

Compléter le grafcet GT1 correspondant à ce tableau sur le document réponse 2 page 13 sans préciser la situation initiale.

Question 3-2 :

Sur le document réponse 3 page 14, la durée de T1f étant de 0,9 s :

- compléter le diagramme de GANTT ;
- identifier les tâches du chemin critique de T1 ;
- évaluer la durée maximale de la tâche T1.

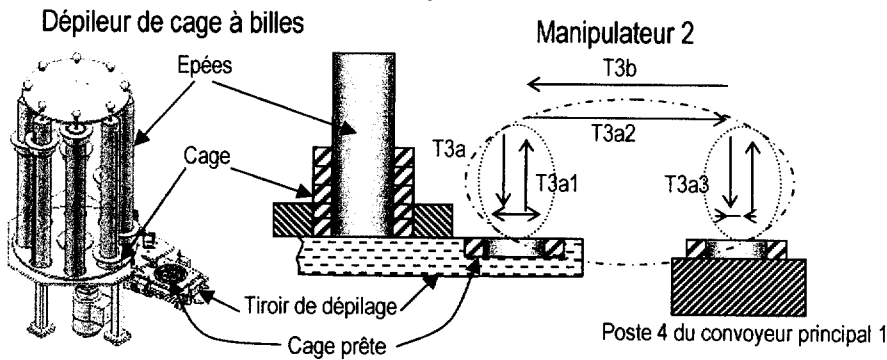
Question 3-3 :

Sur le document réponse 3 page 14, la durée maximale trouvée pour la tâche T1 permet-elle de respecter les contraintes du cahier des charges ? Justifier la réponse.

4 Améliorer la production

La tâche T3 gère le dépilleur de cage à billes et le manipulateur 2 (voir synoptique de la machine page 3).

Description du système géré par la tâche T3.

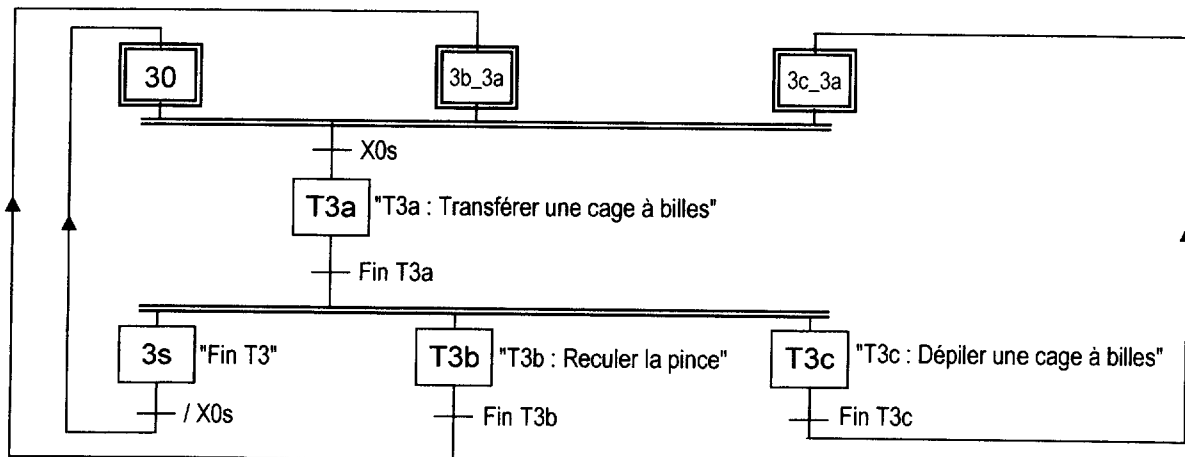


La tâche T3 est constituée de 3 sous-tâches coordonnées par le grafcet GT3. Deux étapes (repères : 30 et 3s) assurent la synchronisation du GT3 avec le GCT0 décrit page 4.

Les sous-tâches gérées par le GT3 sont :

| Sous-tâche : Description | Temps |
|--|-------|
| T3a : Transférer une cage à billes (descendre la pince, ouvrir la pince, monter la pince, avancer la cage à billes vers le convoyeur principal 1, descendre la pince, fermer la pince, monter la pince) Cette tâche permet de : <ul style="list-style-type: none"> - saisir une cage à billes en sortie du dépilleur ; - poser la cage à billes sur une bague extérieure au poste 4. | 2,7 s |
| T3b : Reculer la pince au dessus du dépilleur | 0,5 s |
| T3c : Dépiler une cage à billes (tourner le magasin si dépilleur vide, rentrer le tiroir de défilage, sortir le tiroir de défilage) | 2,5 s |

Le grafcet de coordination des sous-tâches GT3 est le suivant :



Question 4-1 :

- identifier toutes les boucles de GT3 et lister les sous-tâches qui les composent ;
- en limitant l'étude au grafcet GCT0 et à la tâche T3 et en prenant uniquement "X3s" comme réceptivité associée à la transition (3) de GCT0, donner l'expression littérale du temps de cycle machine t_c ;
- faire l'application numérique pour obtenir la valeur de t_c (rappel durée de $T_p = 0,6$ s).

La décomposition de la tâche T3 donnée ne permet pas de respecter le temps de cycle machine de 3,6 s. Pour respecter ce temps de cycle, il faut remplacer la sous-tâche T3a par 3 sous-tâches (T3a1, T3a2 et T3a3).

Description des sous-tâches T3a1, T3a2 et T3a3 :

| Sous-tâche : Description | Temps |
|--|-------|
| T3a1 : Saisir une cage à billes (descendre la pince, ouvrir la pince, monter la pince) Cette tâche permet de : - saisir une cage à billes en sortie du dépilleur. | 1,1 s |
| T3a2 : Avancer la cage à billes vers le convoyeur principal 1 | 0,5 s |
| T3a3 : Poser la cage à billes (descendre la pince, fermer la pince, monter la pince) Cette tâche permet de : - poser la cage à billes sur une bague extérieure au poste 4. | 1,1 s |

Question 4-2 :

Construire le tableau des antériorités complet du grafcet GT3 correspondant à cette nouvelle décomposition en 5 sous-tâches.

5 Étudier les modes de marches et d'arrêts de la machine d'assemblage de butées

Cette étude utilise l'extrait de GEMMA présenté dans le document ressource 1 page 10.

Par convention d'écriture, le repère d'une étape sera celui du mode du GEMMA correspondant.

Par exemple, dans le Grafcet de Conduite (GC), on adoptera

| |
|----|
| F1 |
|----|

 pour désigner l'étape correspondant au mode F1 du GEMMA et XF1 pour désigner la variable associée à cette étape.

Question 5-1 :

Etablir le grafcet de conduite (GC) correspondant à l'extrait de GEMMA fourni sur le document ressource 1 page 10.

Le contrôle systématique de chaque butée d'amortisseur pendant l'assemblage impose un certain nombre de postes de contrôle.

L'appareillage de contrôle pouvant se dérégler avec les vibrations de la machine d'assemblage, un étalonnage périodique, à partir de pièces "Etalon", doit être effectué.

Le poste 15, qui fait l'objet de cette étude, permet de contrôler le couple résistant sous charge de la butée assemblée.

L'étalonnage se fait en mode F6 "Test " du GEMMA.

La procédure d'étalonnage est la suivante :

l'opérateur place la butée étalon sur le poste 15, lance le contrôle, puis compare les résultats obtenus avec ceux attendus. Il effectue les corrections nécessaires sur l'appareil de contrôle, recommence le test si nécessaire, puis enlève la butée étalon.

Deux procédures de passage au mode F6 "Test " sont possibles :

- 1) à partir du mode A1, l'opérateur sélectionne le mode "Test_P15" au pupitre puis appuie sur un bouton "Valid" ;
- 2) à partir du mode F1, quand le nombre de contrôles sans étalonnage est atteint et que l'opérateur appuie sur un bouton "Acquit". Dans le mode F1, quand le nombre de contrôles sans étalonnage est atteint, un "Buzzer" appelle le conducteur de la machine mais le cycle continue en attendant l'intervention de celui-ci.

Déroulement du Mode F6 "Test" :

- La machine s'arrête si le mode précédent est F1 ;
- l'accès au poste 15 est autorisé si la machine est arrêtée ;
- l'étalonnage du poste 15 est réalisé quand l'accès à ce poste est autorisé.

Deux possibilités sont prévues pour sortir du mode F6 "Test" :

- 1) si le test est terminé, information "Fin_test" vraie, et si le mode précédent était A1, l'opérateur actionne le bouton "Arrêt" et la machine retourne en mode A1 ;
- 2) si le test est terminé, information "Fin_test" vraie, et si le mode précédent était F1, l'opérateur actionne le bouton "Production" et la machine retourne en mode F1.

Question 5-2 :

Compléter l'extrait de GEMMA sur le document réponse 4 page 15 en respectant les procédures décrites ci-dessus et en utilisant les textes suivants :

| | | |
|-----------------------|-------------------|--|
| <i>Fin_test</i> | <i>Valid</i> | <i>Autoriser accès au poste 15</i> |
| <i>Acquit</i> | <i>Test_P15</i> | <i>Étalonner le poste 15</i> |
| <i>Buzzer</i> | <i>Production</i> | <i>Machine arrêtée</i> |
| <i>Cycle terminé</i> | <i>Arrêt</i> | <i>Nombre de contrôles sans étalonnage atteint</i> |
| <i>Accès autorisé</i> | | |

PARTIE II : DÉCRIRE LE FONCTIONNEMENT DÉTAILLÉ D'UNE PARTIE COMMANDE

6 Décrire le fonctionnement du manipulateur de déchargement

Documents ressources à utiliser :

- présentation générale page 3 ;
- document ressource 2 page 11 (manipulateur 4 avec son schéma pneumatique).

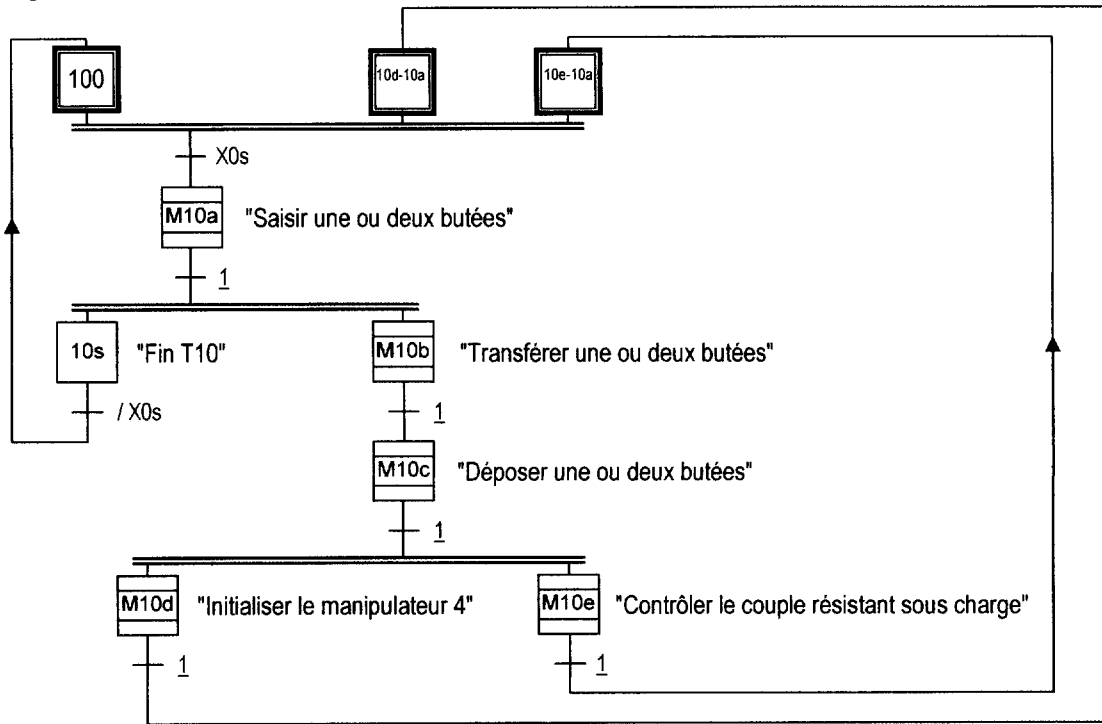
Mode de gestion des butées non conformes :

- l'information "Défaut_p14" indique que la butée au poste 14 du convoyeur principal 1 est non conforme. Dans ce cas, la pince 1 du manipulateur 4 ne saisit pas la butée. Elle tombe dans le bac à rebuts 1 quand le convoyeur principal 1 avance d'un poste.
- l'information "Défaut_p15" indique que la butée présente au poste 15 de contrôle du couple résistant sous charge n'est pas conforme et doit être transférée dans le bac à rebuts 2.

La tâche T10 est composée de 5 sous-tâches décrites par des macro-étapes dans GT10.

| Sous-tâche (macro) : Description |
|--|
| <p>T10a (M10a) : Saisir une ou deux butées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le cycle normal de saisie pour chaque pince est : descendre la pince ; serrer la pince ; monter la pince ; - la pince 1 saisit une butée conforme (Défaut_p14) si elle est présente sur le poste 14 du convoyeur principal 1 ; - la pince 2 saisit la butée contrôlée par le poste 15 si elle est présente. |
| <p>T10b (M10b) : Transférer les butées (rotation du manipulateur 4) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la pince 1 déplace la butée située au dessus du poste 14 au dessus du poste 15 ; - la pince 2 déplace la butée contrôlée située au dessus du poste 15 vers : <ul style="list-style-type: none"> - le dessus du poste 16 (convoyeur 6 position "Gauche") si Défaut_p15 ; - le bac à rebuts 2 si Défaut_p15. Pour lâcher la butée au rebut 2, il faut bloquer le bras en position "Pos_rebut_2" puis desserrer la pince sans la descendre. |
| <p>T10c (M10c) : Déposer la ou les butées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le cycle normal de dépose pour chaque pince si elle tient une butée est : descendre la pince ; desserrer la pince ; monter la pince. |
| T10d (M10d) : Initialiser le manipulateur 4 |
| T10e (M10e) : Contrôler le couple résistant sous charge |

Le graficet GT10 est le suivant :



Étude des sous-tâches T10a et T10b

Dans l'étude de la sous-tâche T10a :

- deux butées seront toujours présentes, l'une au poste 14 du convoyeur principal 1, l'autre au poste 15 de contrôle du couple sous charge ;
- des butées "non-conformes" peuvent se présenter au poste 14 ;
- les sorties Desc_1 et Desc_2, sont des sorties décrites en mode continu ;
- le mode mémorisé est utilisé pour les sorties Serrer_1 et Serrer_2.

Question 6-1:

Sur le document réponse 5 page 16, compléter l'expansion de la macro-étape M10a.

Pour l'étude de la sous-tâche T10b, une butée est toujours présente dans chaque pince, donc seules les actions suivantes sont à mettre en œuvre :

- positionner la butée présente dans la pince 1 au dessus du poste 15 ;
- positionner la butée présente dans la pince 2 au dessus du convoyeur 6 si la butée est conforme ;
- positionner et lâcher la butée présente dans la pince 2 dans le bac à rebuts 2 si elle n'est pas conforme.

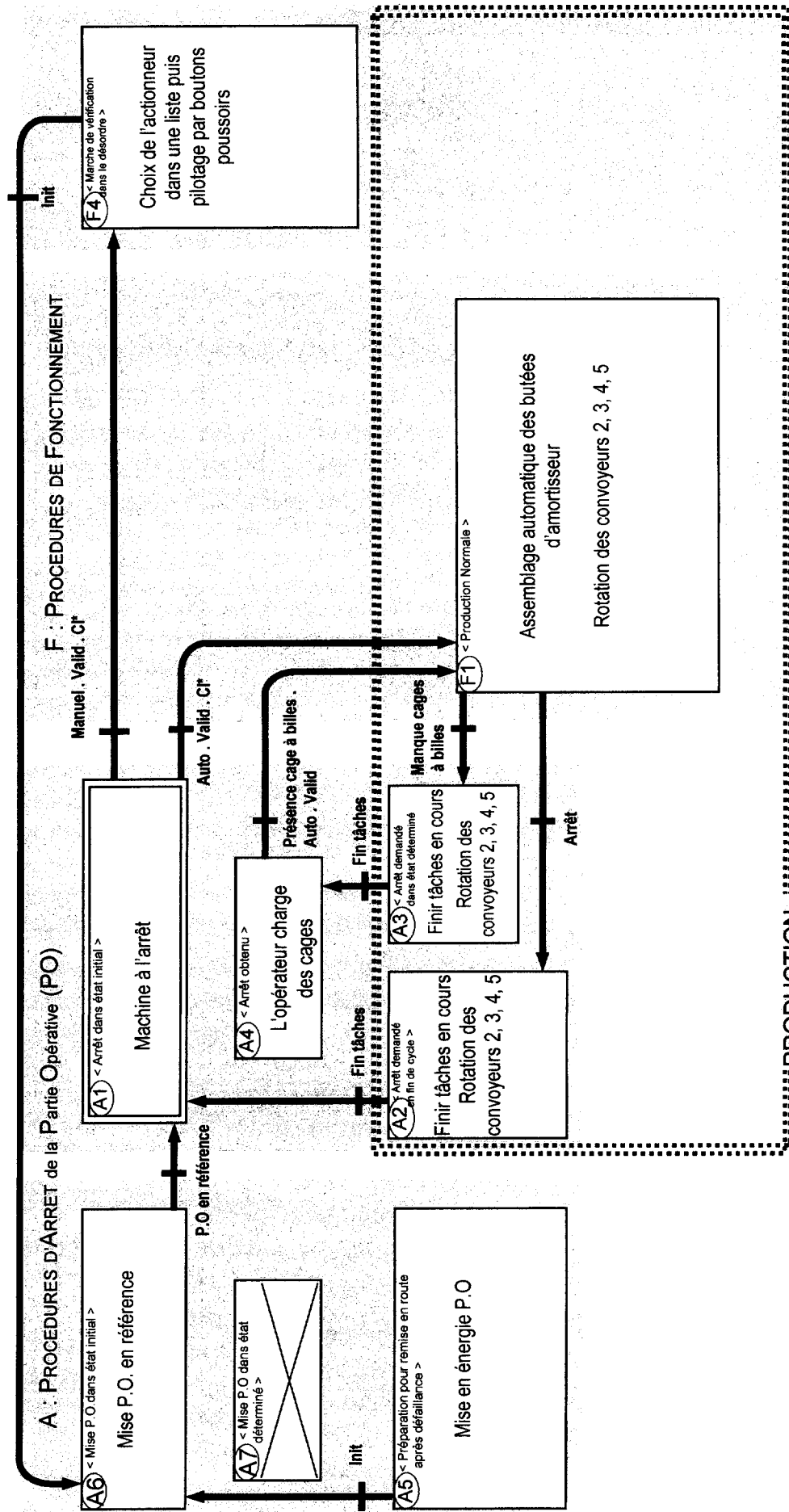
Question 6-2 :

Sur le document réponse 5 page 16 :

- compléter le bilan des entrées/sorties de l'expansion de la macro-étape M10b ;
- compléter l'expansion de la macro-étape M10b.

Question 5-1 : Extrait du GEMMA.

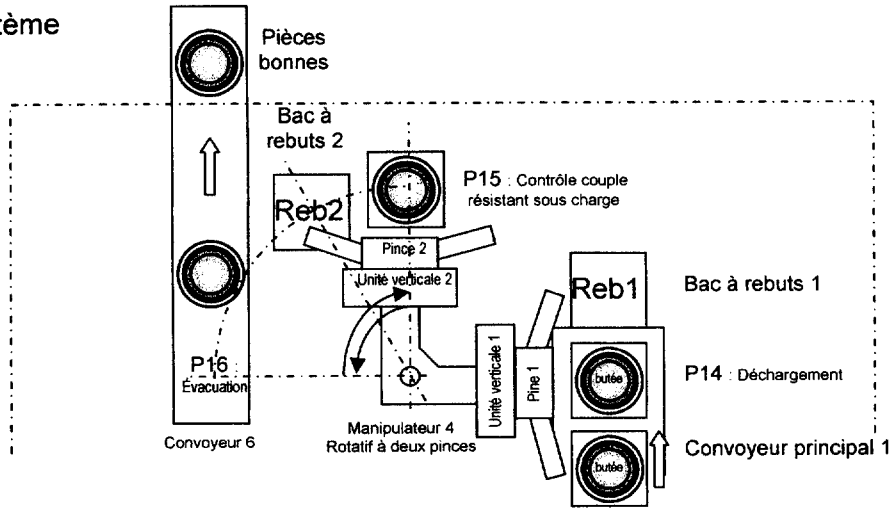
*Cl : Conditions initiales.



F : PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT

Description du manipulateur 4 avec son schéma pneumatique

Description du système



Remarques :

- le schéma pneumatique correspond à la position de référence du manipulateur ;
- le manipulateur n'est pas dessiné en position de référence, mais au moment où les pinces serrent les butées à billes sur le poste 14 (pince 1) et sur le poste 15 (pince 2).

