

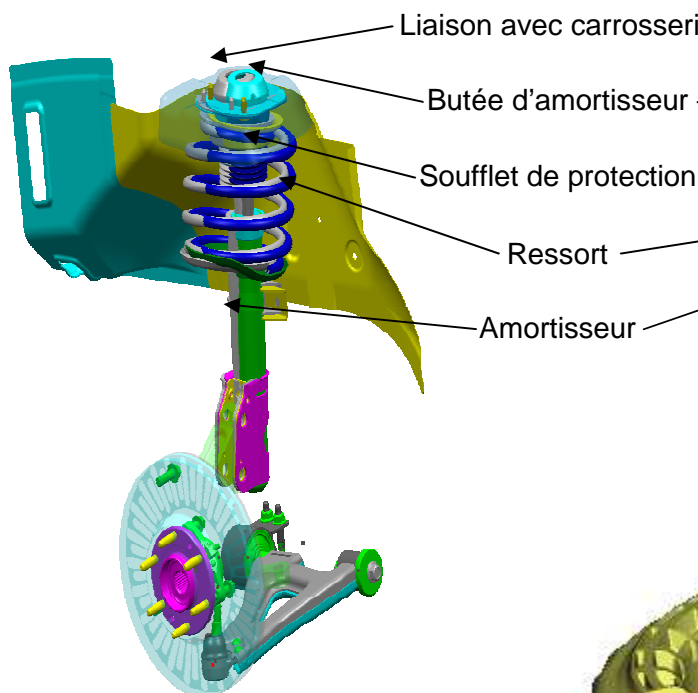
MACHINE D'ASSEMBLAGE DE BUTÉES D'AMORTISSEUR

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.

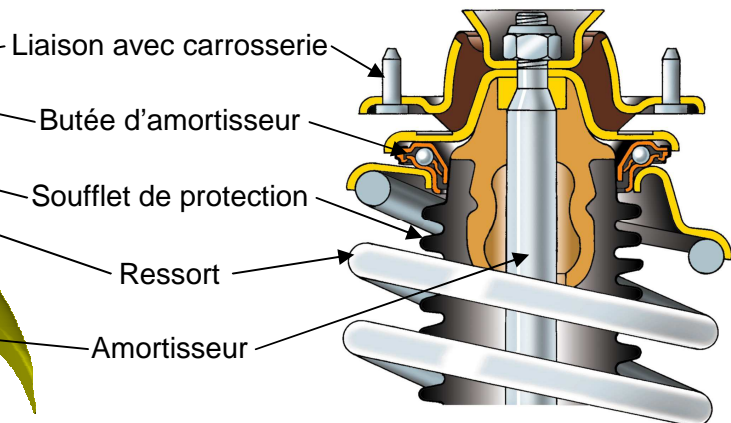
Présentation du produit

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



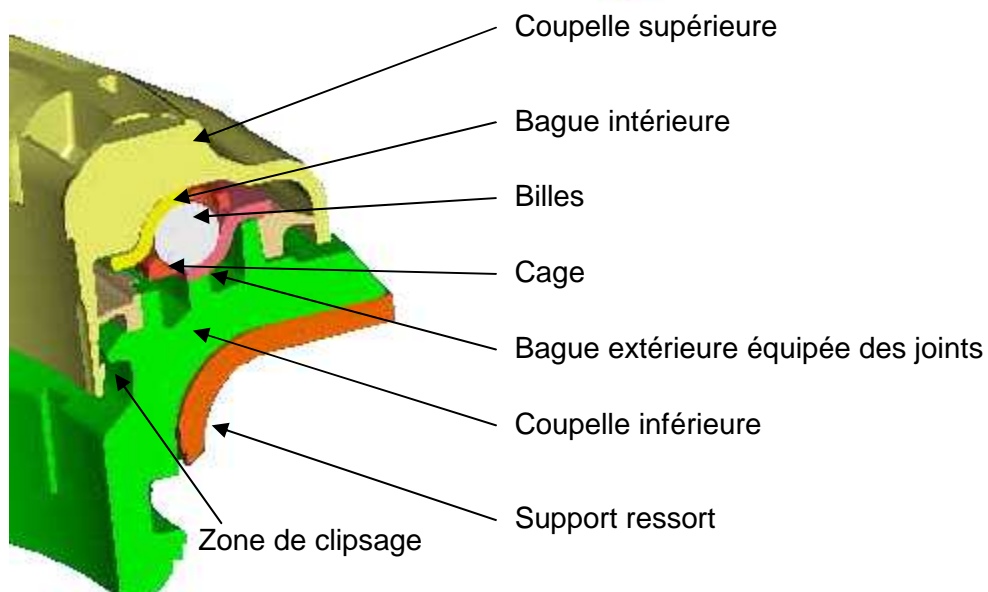
Exemple de liaison



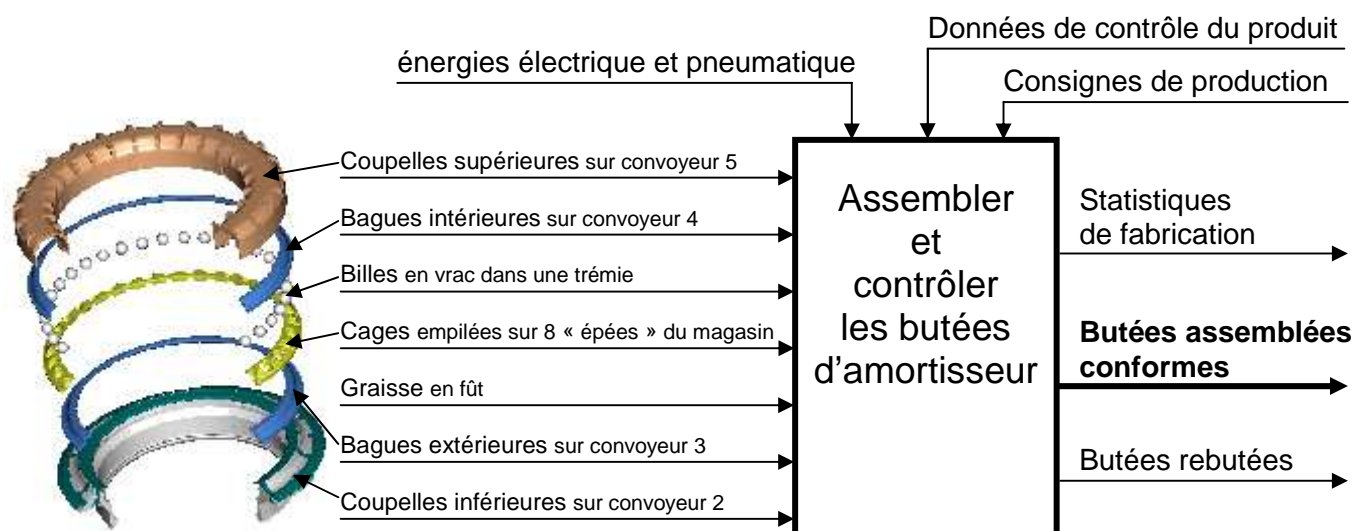
Exemple de butée



Coupe partielle d'une butée



Fonction globale de la machine d'assemblage

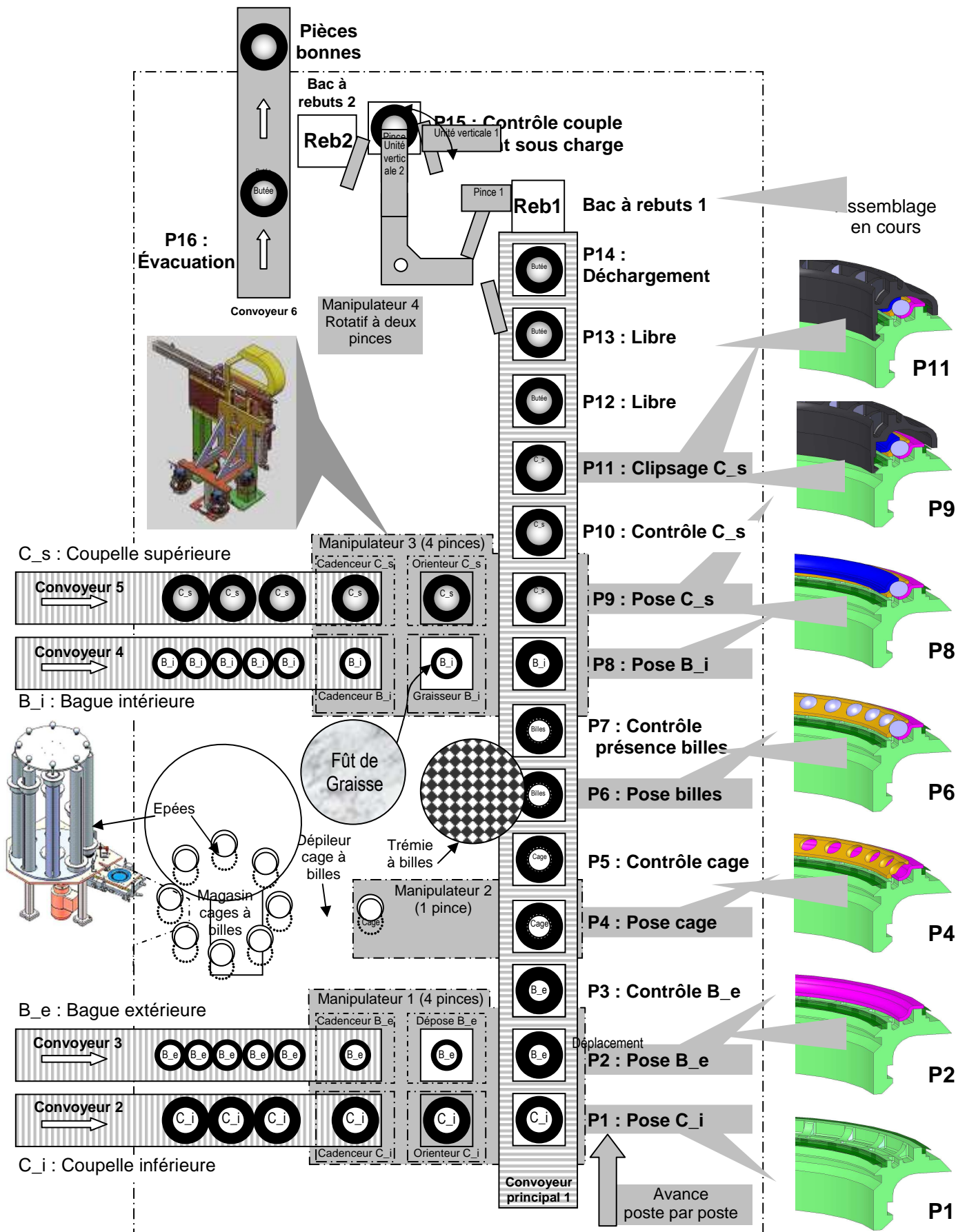


Éléments du cahier des charges fonctionnel

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
FT3 : 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 : Evacuer 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.

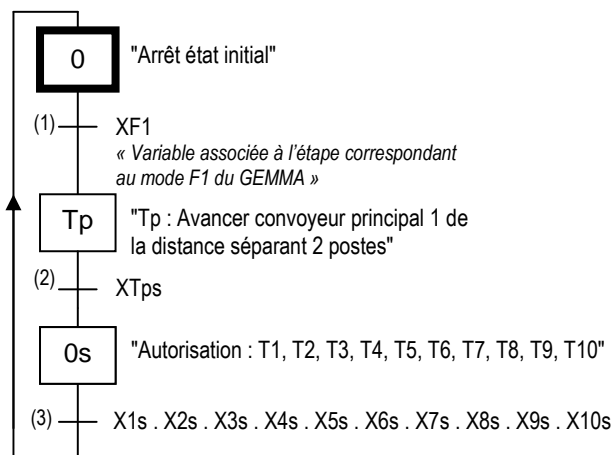
2 Étudier la synchronisation du Grafcet de Coordination des Tâches principal (GCT0) avec les grafquets des tâches (GTi)

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

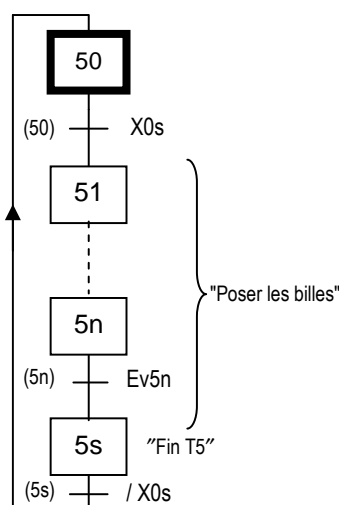
Tp	Avancer le convoyeur principal 1 de la distance séparant 2 postes (0,6 s).	
T1	Préparer une coupelle inférieure et une bague extérieure Poser une coupelle inférieure orientée sur le convoyeur principal 1 Poser une bague extérieure sur la coupelle inférieure	Poste 1 Poste 2
T2	Contrôler la position 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.

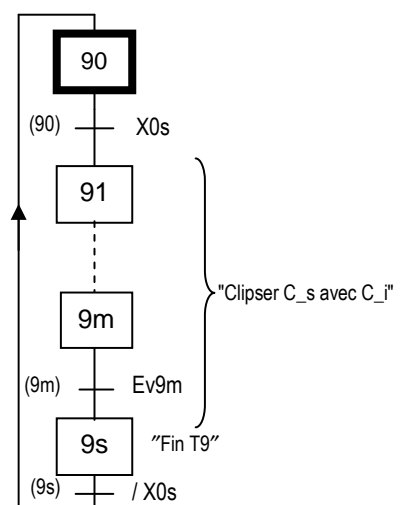
GCT0 (GCT principal)



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 Graficet 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 graficet 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 : - 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 : - 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 graficet 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.

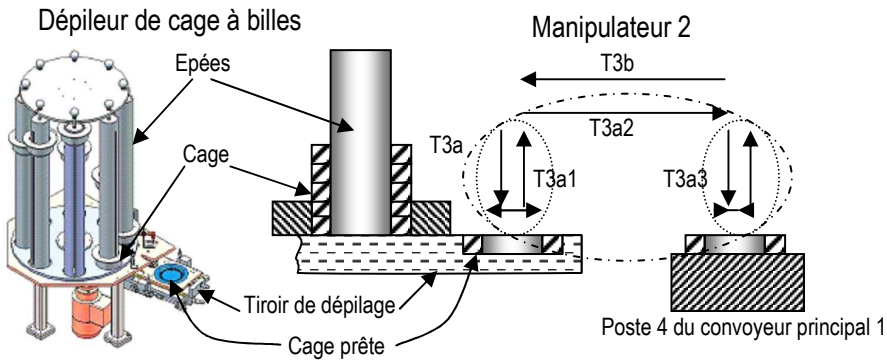
Question 3-3 :

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 dépileur de cage à billes et le manipulateur 2 (voir synoptique de la machine page 3).

Description du système géré par la tâche T3.

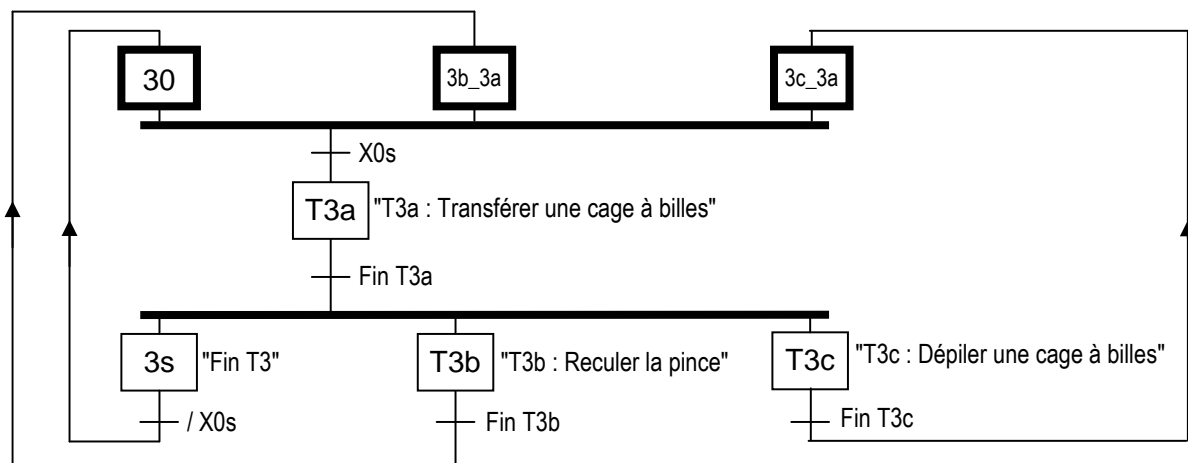


La tâche T3 est constituée de 3 sous-tâches coordonnées par le grafcet GT3. Deux étapes (repères : 30 et 3s) assurent la synchronisation du GT3 avec le GCT0 décrit page 4.

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 : - saisir une cage à billes en sortie du dépileur ; - poser la cage à billes sur une bague extérieure au poste 4.	2,7 s
T3b : Reculer la pince au dessus du dépileur	0,5 s
T3c : Dépiler une cage à billes (tourner le magasin si dépileur vide, rentrer le tiroir de dépilage, sortir le tiroir de dépilage)	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 dépileur.	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 : DECRIRE LE FONCTIONNEMENT DETAILLE 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).

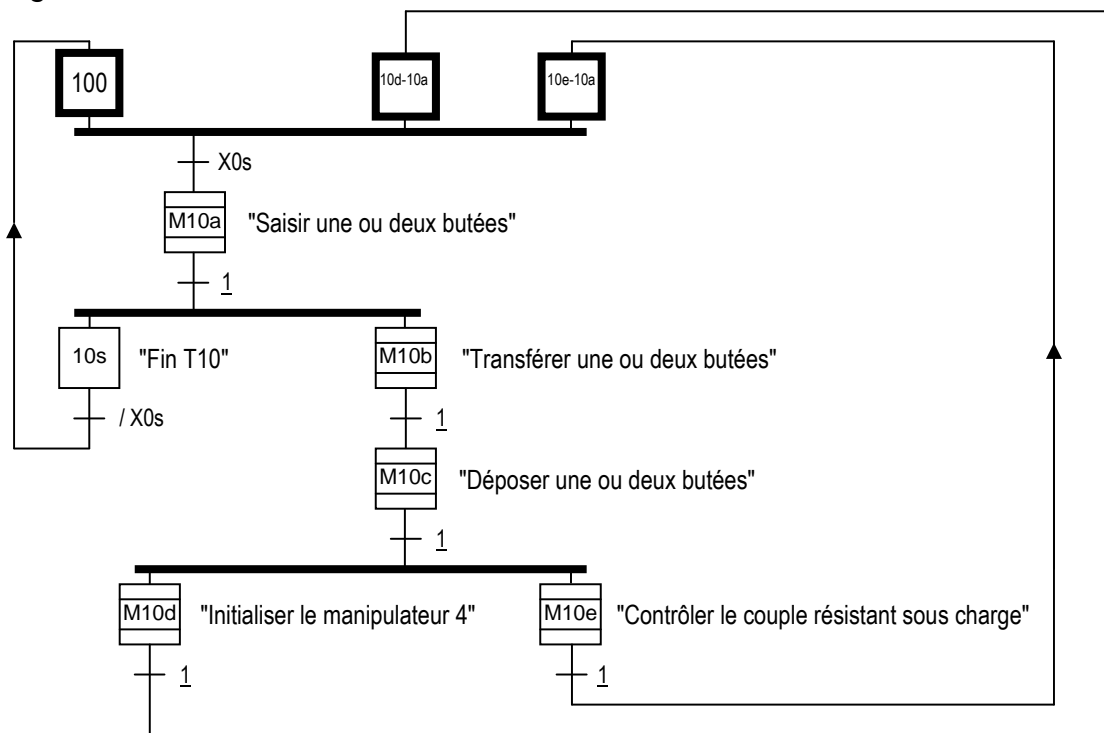
Mode de gestion des butées non conformes :

- 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
T10a (M10a) : Saisir une ou deux butées : <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 (<u>Défaut_p14</u>) 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.
T10b (M10b) : Transférer les butées (rotation du manipulateur 4) : <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 <u>Défaut_p15</u> ;- le bac à rebuts 2 si <u>Défaut_p15</u>. Pour lâcher la butée au rebut 2, il faut bloquer le bras en position "Pos_rebut_2" puis desserrer la pince sans la descendre.
T10c (M10c) : Déposer la ou les butées : <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 grafcet 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.

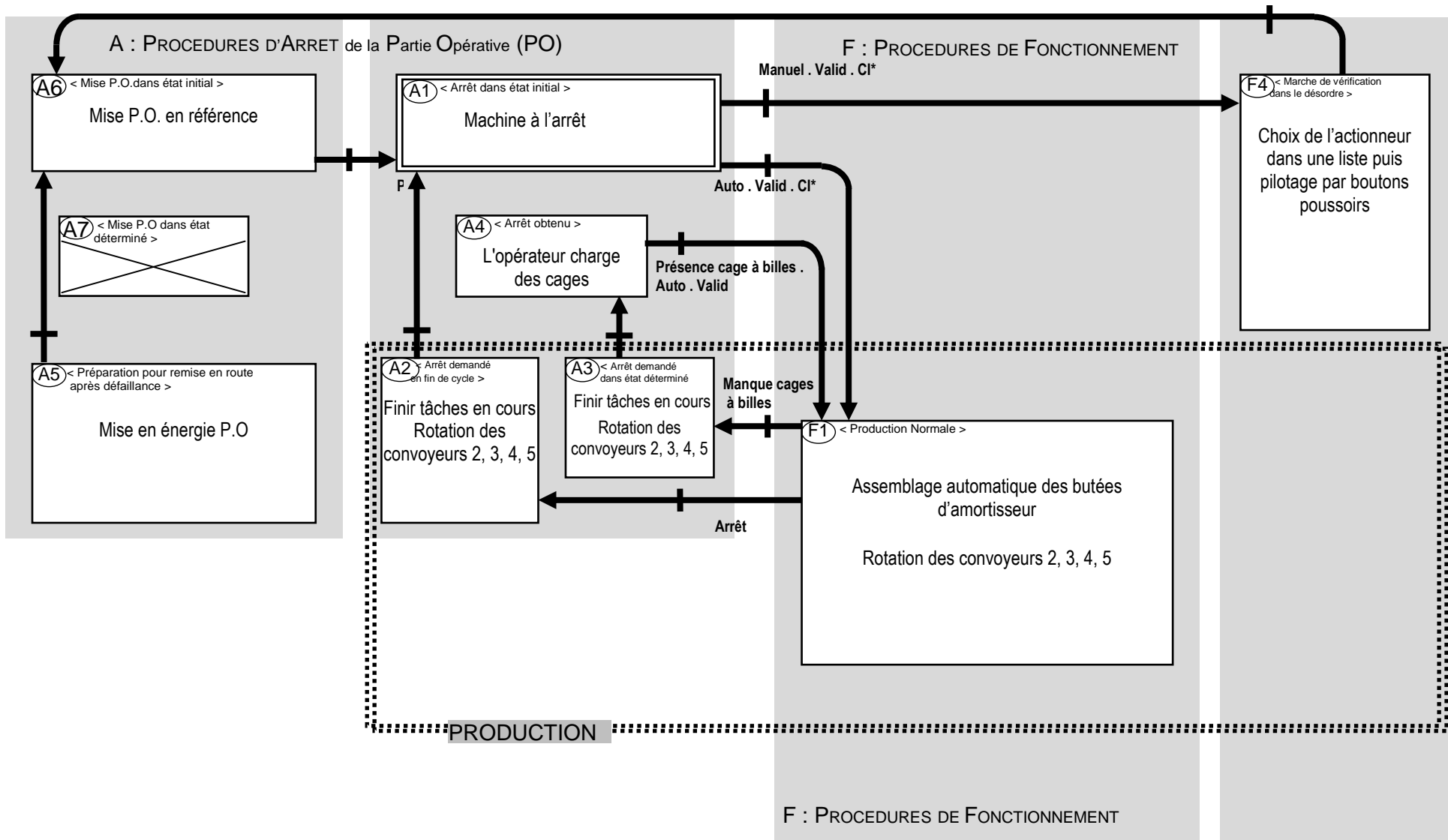
Question 6-2 :

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.

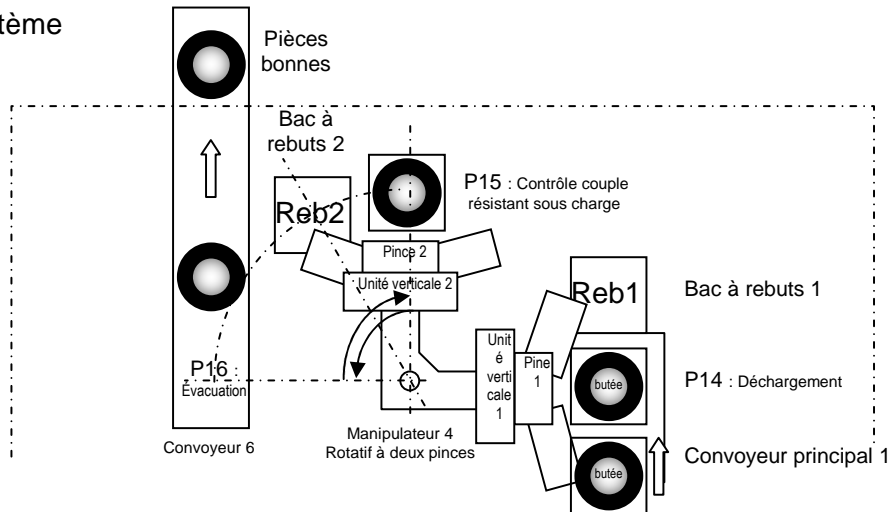
Question 5-1 : Extrait du GEMMA.

*CI : Conditions initiales.



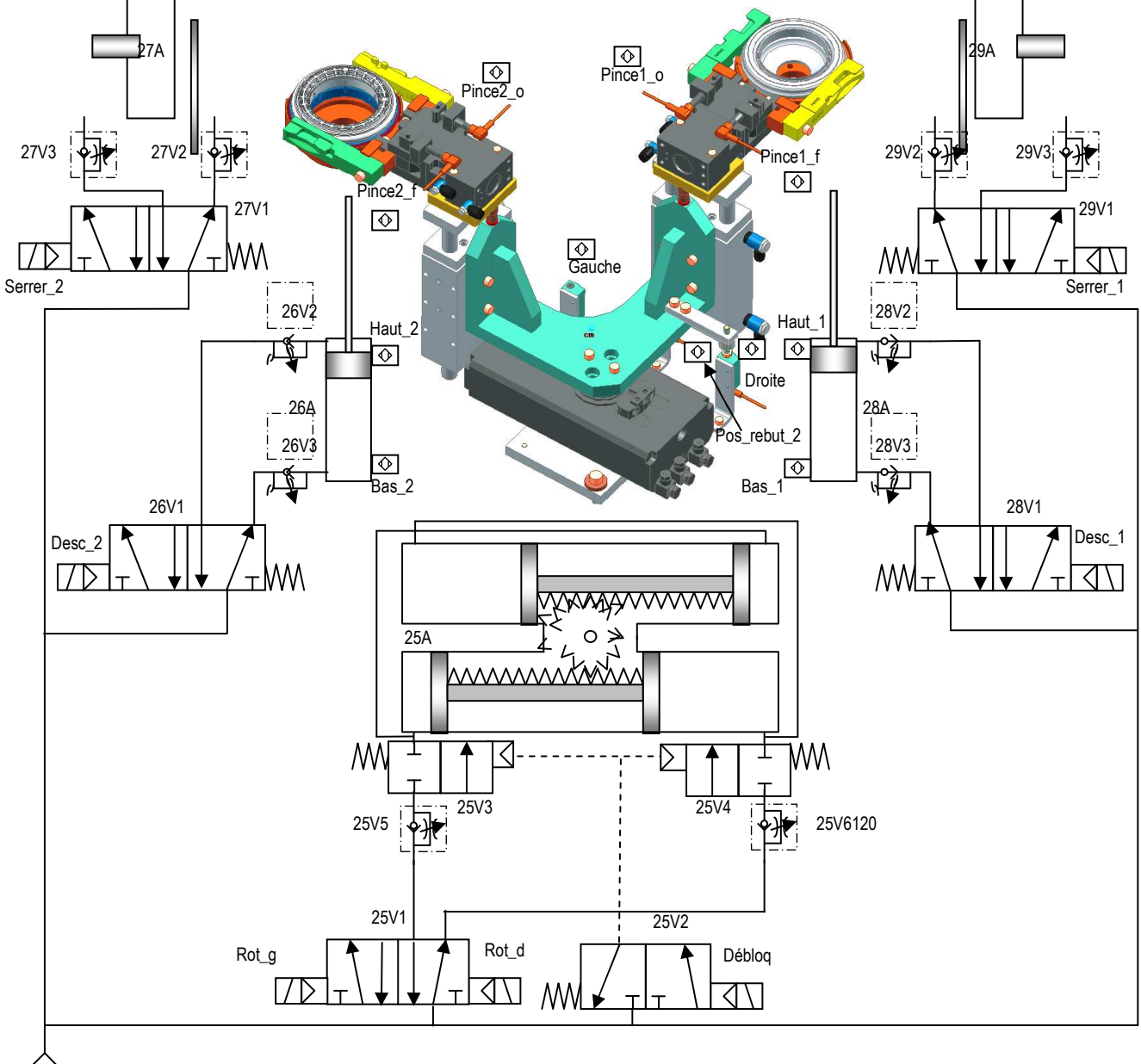
Description du manipulateur 4 avec son schéma pneumatique

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).



Question 2 :

Rappel :

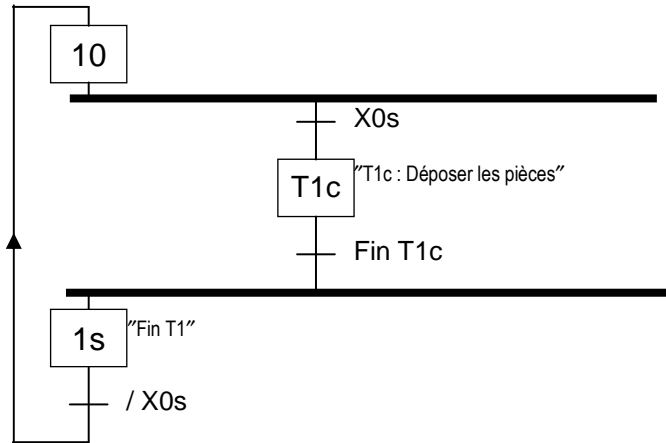
- ne tenir compte que des grafjets GCT0, GT5 et GT9 ;
- prendre "X5s . X9s" comme réceptivité associée à la transition (3) ;
- décrire les évolutions en interprétation intuitive dite "pas à pas" ;
- la tâche T5 est plus courte que la tâche T9 donc Ev5n sera vrai avant Ev9m ;
- XF1 vraie.

Lancement des tâches

Situation actuelle	Transition(s) validée(s)	Condition(s) provoquant le(s) franchissement(s)	Transition(s) franchissable(s)	Nouvelle situation
{0, 50, 90}	(1), (50), (90)	XF1	(1)	{Tp, 50, 90}
				{0s, 51, 91}

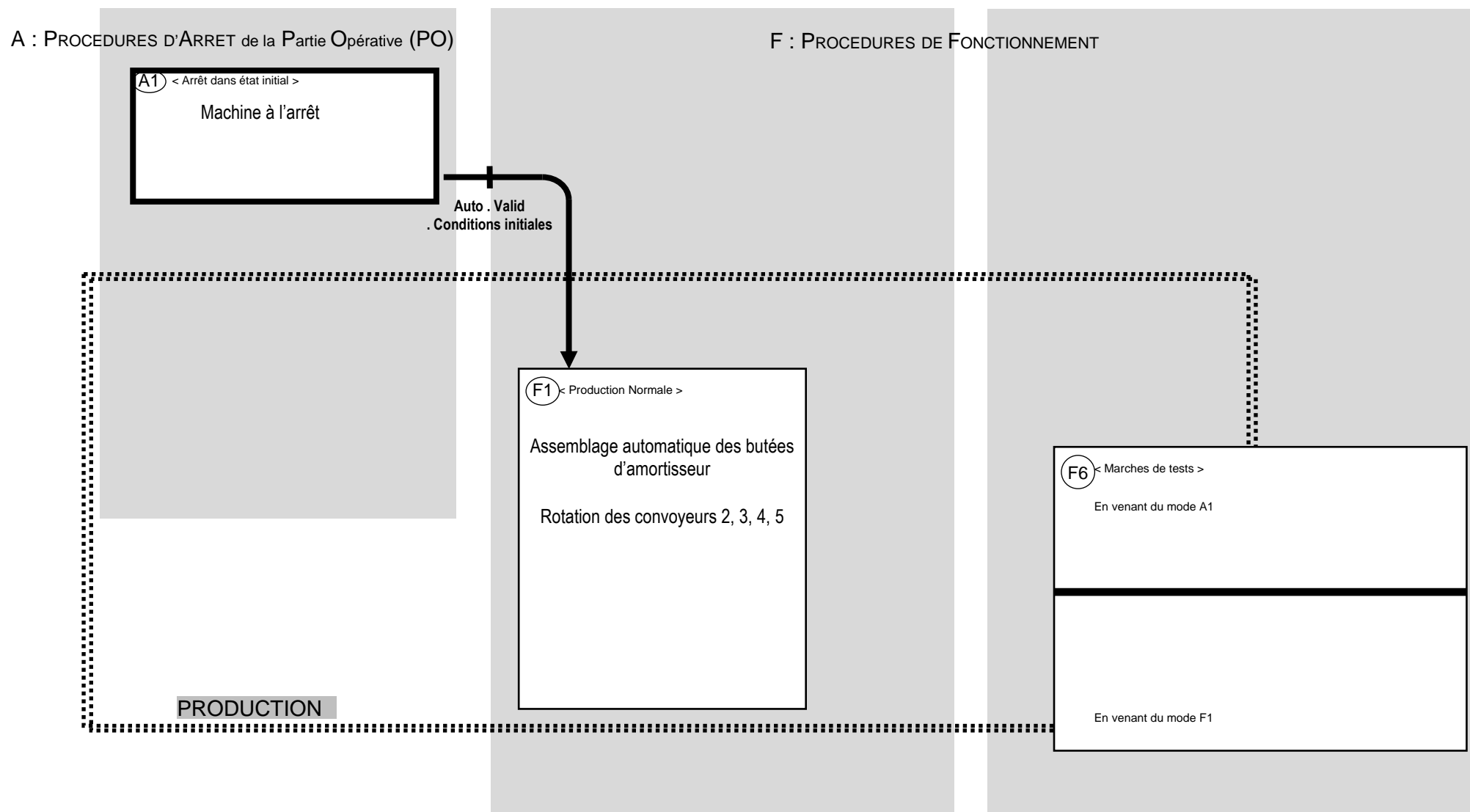
{0s, 5n, 9m}	(3), (5n), (9m)	Ev5n		
				{Tp, 50, 90}

Question 3-1 : GT1



Document réponse 4

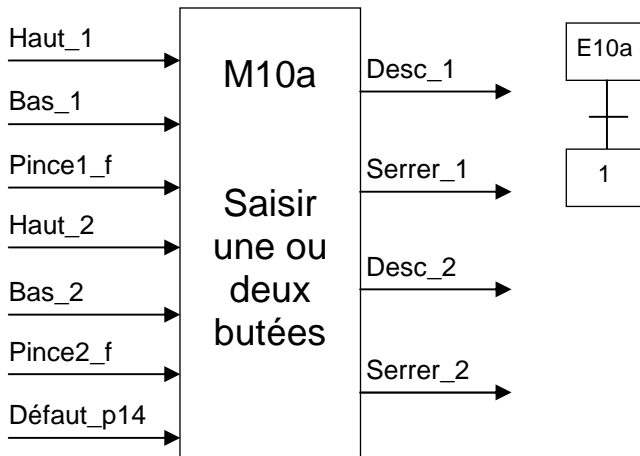
Question 5-2 : Extrait du GEMMA à compléter



Document réponse 5

Question 6-1 :

Expansion de la macro-étape M10a



Question 6-2 :

Expansion de la macro-étape M10b

