

Laboratoire 3

Modélisation, simulation et analyse d'un système de production

Cours : LOG670 – Langages formels et semi-formels
Session : Hiver 2015
Professeur(e) : Sylvie Ratté
Pondération : 10%

1 Introduction

Le projet présenté ci-après vise à vous initier à la modélisation de systèmes concurrents grâce aux réseaux de Petri. À la fin de ce laboratoire, vous serez en mesure :

- D'utiliser un outil de modélisation par réseaux de Petri;
- De modéliser des systèmes concurrents simples;
- D'en faire l'analyse comportementale et structurelle;
- De tirer les conclusions découlant de ces analyses;
- De mieux saisir les problèmes entourant la modélisation et la vérification de systèmes concurrents.

2 Description

Le système à modéliser est constitué d'un atelier d'assemblage de produits. L'atelier construit deux types de produits: des boîtes et des cylindres. Pour chacun, la production se déroule en deux étapes : l'assemblage du corps et l'assemblage du couvercle. Ces deux assemblages sont réalisés par deux robots dédiés. Le robot A fabrique des corps, le robot B pose les couvercles. Ces robots sont assez flexibles pour opérer sur les boîtes ou les cylindres.

Chacun des robots, de manière indépendante, alterne de manière stricte entre la fabrication des boîtes et celle des cylindres. Autrement dit, le robot A fabrique un corps de boîte ensuite un corps de cylindre, ensuite un corps de boîte etc. Le robot B pose un couvercle à la boîte, ensuite pose un couvercle au cylindre, etc. Lorsqu'ils travaillent indépendamment, ils n'ont pas besoin d'être synchronisés. Initialement, le robot A est réglé pour commencer avec la fabrication de boîtes, le robot B est réglé pour commencer à poser des couvercles sur des boîtes.

Nous supposons, pour les besoins de ce laboratoire, que le matériel brut nécessaire à la fabrication est disponible en quantité infinie. Cet approvisionnement doit être modélisé de

manière explicite. Les pièces (le matériel brut, les boîtes/cylindres sans couvercle, les boîtes/cylindres avec couvercle) sont transportées sur des palettes. Il y a un total de 6 palettes disponibles. Pour transporter tout le matériel à la fabrication d'une boîte dans toutes ses incarnations (matériel brut, la boîte sans couvercle, boîte avec couvercle) deux palettes sont indispensables. Pour transporter toutes les pièces nécessaires à la fabrication d'un cylindre dans toutes ses incarnations, seulement une palette est indispensable.

Le transport s'effectue entre les deux machines (assemblage du corps et assemblage du couvercle). Il y a un espace de capacité limitée entre les deux machines; cet espace peut contenir au maximum 4 palettes.

Les produits finis sont dirigés vers deux entrepôts : un entrepôt pour les boîtes et un entrepôt pour les cylindres. Le nombre de produits fabriqués doit être explicitement modélisé.

3 Quelques notes utiles

À propos des places non bornées

Comme la comptabilisation du nombre de produits fabriqués entraîne un réseau non borné, cette partie spécifique de la modélisation peut être enlevée lors de l'analyse des propriétés du réseau.

À propos des robots

Le robot A ne peut faire des corps de boîtes et de cylindres en même temps. Il s'agit véritablement d'un cycle : il fabrique un corps de boîte, un corps de cylindre, un corps de boîte, un corps de cylindre, etc.

Le robot B ne peut poser des couvercles de boîtes et de cylindres en même temps. Il s'agit véritablement d'un cycle : il pose un couvercle de boîte, un couvercle de cylindre, un couvercle de boîte, un couvercle de cylindre, etc.

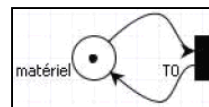
À propos des transitions

On devrait trouver minimalement les transitions suivantes :

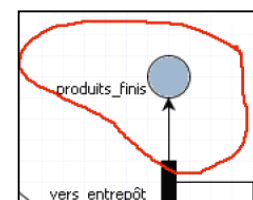
- a) Début_corps_boîte : début de la fabrication du corps d'une boîte (robot A);
- b) Fin_corps_boîte : fin de la fabrication du corps d'une boîte;
- c) De même pour les cylindres
- d) Début_couvercle_boîte : début de la pose du couvercle sur une boîte (robot B);
- e) Fin_couvercle_boîte : fin de la pose du couvercle sur une boîte (robot B);
- f) De même pour les cylindres.

À propos de la modélisation :

Pour simuler un stock infini d'une ressource :



Pour simuler la quantité de produits fabriqués et stockés en entrepôts :



À propos des ressources

On devrait trouver les places suivantes pour simuler le stock infini de ressources :

- a) Matériel_brut_boîte, Matériel_brut_cylindres : utilisées par le robot A pour fabriquer des corps
- b) Couvertures_boîte, Couvertures_cylindres : utilisées par le robot B pour compléter le produit.

À propos des palettes :

- a) Le début de la fabrication du corps d'un produit marque le début d'utilisation des palettes nécessaires. La fin de la pose d'un couvercle marque le début du transport du produit vers l'entrepôt comme un produit fini.
- b) Les palettes sont en circulation dans le système. Ce n'est que lorsque le produit est rendu à l'entrepôt que l'on récupère les palettes.

À propos des invariants

Pour obtenir une analyse intéressante au niveau des invariants :

- a) Enlevez les places servant à simuler le stock infini de ressources
- b) Enlevez les places servant à simuler la quantité de produits fabriqués
- c) Votre analyse des invariants sur les places devrait faire ressortir des conclusions relativement au nombre 6 et au nombre 4.

4 Remise

Chaque équipe doit remettre un lien vers un rapport (format au choix) qui couvrira efficacement :

- 1) **MODÉLISATION ET SIMULATION : La description de votre modélisation explicite par un réseau de Petri**
Présentez d'abord le système dans son ensemble puis expliquez chaque élément spécifiques grâce à des instantanés de simulations.
Nom du fichier : **labo3_modele_explicite**
- 2) **VÉRIFICATION COMPORTEMENTALE : La construction du graphe d'accessibilité**
Éliminez les places puits et présentez votre graphe d'accessibilité ainsi que votre interprétation concernant les propriétés comportementales de votre système.
Nom du fichier : **labo3_modele_sans_puits**
- 3) **VÉRIFICATION STRUCTURELLE : La construction des invariants**
Présentez les P-invariants et les T-invariants ainsi que votre interprétation de ceux-ci.
Nom du fichier : **labo3_modele_simplifie**

Voici quelques propriétés que vous devriez tenir compte dans votre analyse comportementale (2) et votre analyse structurelle (3) :

- Le caractère borné du réseau;
- Les possibilités d'interblocage;
- L'accessibilité
- La vivacité;
- L'alternance stricte entre la production des boîtes et celle des cylindres;
- L'utilisation des palettes;
- Toute autre particularité dérivée de l'analyse des invariants.

4) **TRANSFORMATION DE BOUSSIN : Le calcul du résidu du système**

Présentez, étape par étape, l'application des transformations de Boussin sur votre système et comparez les propriétés comportementale de ce résidu avec celles présentées en (2). Sauvegardez dans un fichier le modèle final (l'analyse comportementale sur ce dernier devrait fournir les mêmes conclusions qu'en 2).

Nom du fichier : **labo3_modele_residu**

5) **QUESTIONS HYPOTHÉTIQUES : L'analyse approfondie du système**

Plusieurs constantes sont décrites dans ce système : 4 espaces entre les deux robots, 6 palettes en circulation, 2 palettes pour transporter des boîtes, 1 palette pour transporter des cylindres. Tentez d'apporter une réponse aux questions suivantes :

- a. Y a-t-il des moments d'attente potentiels?
- b. Cette distribution des quantités (espaces et palettes) est-elle optimale?
- c. Si la fabrication d'un corps de boîte est deux fois plus long que la fabrication d'un corps de cylindre, quelles seraient les nouvelles (si nécessaire) valeurs optimales pour les constantes (espaces et palettes)?