

## Etude de cas : modélisation d'un système de production

Soit un système de production<sup>1</sup> qui fabrique des produits de type  $U_1, U_2$  à partir de 3 types de matières premières (ou pièces brutes)  $W_1, W_2, W_3$ . Le nombre maximum de chaque type de pièces  $W_1, W_2, W_3$  dans le système est respectivement  $x, x$  et  $y$ .

Un produit  $U_1$  est l'assemblage de pièces  $W_1$  et  $W_2$  avec des opérations d'usinage de pre- et post-assemblage (sur des machines de type  $V_i$ ).

Un produit  $U_2$  est l'assemblage de pièces  $W_3$  avec des opérations d'usinage (sur des machines de type  $V_i$ ).

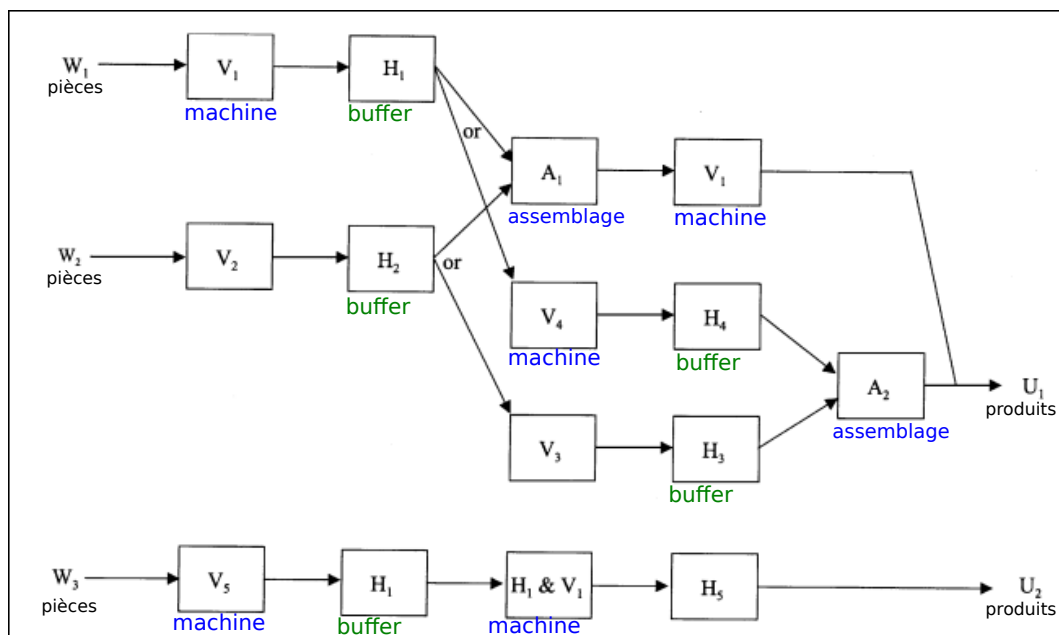


FIGURE 1 – Nomenclature-produit (source : article en référence, page 3)

La figure 1 montre la nomenclature-produit<sup>2</sup> (*Bill of Material - BOM*) où il y a 5 types de machines  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$ , deux postes d'assemblage  $A_1, A_2$  et 5 types de buffer/tampons  $H_i, i = 1 \dots 5$ .

Le nombre d'éléments de chacun de ces types est respectivement  $v_i$  avec  $i = 1 \dots 5$ ,  $a_i, i = 1 \dots 2$ , et  $h_i, i = 1 \dots 5$ .

En haut de la figure 1, on note que les pièces  $W_1$  dans le buffer  $H_1$  peuvent servir aux machines de type  $A_1$  ou  $V_4$ . De même les pièces dans  $H_2$  peuvent alimenter  $A_1$  ou  $V_3$ .

Lorsqu'il y a des pièces  $W_3$ , la machine  $V_5$  les met à disposition dans le buffer  $H_1$ . Le buffer  $H_5$  est approvisionné lorsque  $H_1$  n'est pas vide et une machine  $V_1$  disponible pour usiner.

Notre objectif maintenant est de modéliser l'application (logiciel) de pilotage de la production, en construisant deux réseaux de Petri pour modéliser le processus de fabrication de  $U_1$  et de  $U_2$ . Nous allons pour ce faire nous baser sur la nomenclature-produit de la figure 1.

1. Elaboré à partir de l'article cité en référence

2. ce document va regrouper l'ensemble des éléments nécessaires pour fabriquer un produit.

Nous allons procéder par étapes successives. Dans un premier temps, on ne considèrera pas les besoins de ressources  $(x, y)$ . Par la suite les besoins de ressources seront ajoutés.

## Eléments d'analyse et d'aide à la modélisation

Considérons une abstraction de l'application présentée, afin de mieux comprendre son fonctionnement. Considérons un processus (client) qui fournit des pièces à un autre processus serveur. Les pièces sont traitées/usinées par ce dernier et le résultat rendu au client.

On imagine donc des *buffers* qui contiennent les pièces à différents stades. Ce processus simple peut être modélisé comme dans la figure 2 pour la partie "Client".

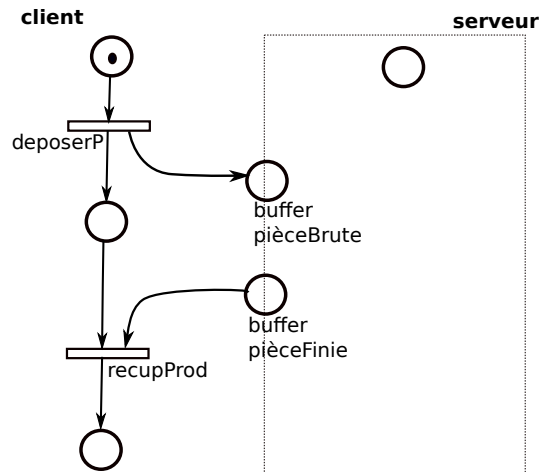


FIGURE 2 – Abstraction de l'usinage de pièces

**Q#1** Analysez le modèle proposé et complétez la partie serveur pour le modèle de la figure 2.

**Q#2** Modélisez maintenant une situation où le client peut demander un nombre illimité de traitement de pièces. Modélisez ensuite la limitation du nombre de traitement.

Partant de cette première abstraction, nous allons maintenant traiter l'étude de cas exposée au dessus avec les pièces  $W_1$ ,  $W_2$  et  $W_3$ .

## Modélisation de l'étude de cas

On ne commence les assemblages pour  $U_1$  que lorsque des pièces  $W_1$  et  $W_2$  sont disponibles. De même, on ne commence la production de  $U_2$  que lorsque des pièces  $W_3$  sont disponibles.

Les opérations à modéliser sont simples ; par exemple *déposer une pièce dans un buffer* ; *assembler une pièce* ; *pré-traiter une pièce*, etc.

Vous pouvez utiliser une transition de votre réseau de Petri pour dénoter un démarrage d'opération (traitement), une opération, ou une terminaison d'opération.

Pour représenter différentes situations, vous pouvez utiliser des places telles que celles présentées dans la table 1.

**Cas simple.** Dans un premier temps nous ne prenons pas en compte les quantités de ressources  $(x, y, v_i, h_i)$ .

**Q#3** Modélisez avec un réseau de Petri, la production des produits  $U_2$  à partir de pièces  $W_3$ .

**Q#4** Modélisez la production des produits  $U_1$ , conformément à la nomenclature-produit de la figure 1.

Place	Description
$P_{O1}$	Des pièces W1 et W2 sont disponibles
$P_{O2}$	Des pièces W3 sont disponibles
$p_1$	Des pièces W2 sont disponibles
$p_2$	Des pièces W1 sont disponibles
$p_3$	W2 usinée par V2
...	W1 usinée par V1
...	W2 dans le buffer H2
...	W1 dans le buffer H1
...	W2 usiné par V3
...	W1 et W2 assemblés en U1 sur le poste A1
...	W1 usiné par V4
...	W2 dans buffer H3
...	Operation de Post-assemblage de U1 par V1
...	W1 dans buffer H4
...	W1 et W2 assemblés en poste A2

(suite)

...	W3 usiné par V5
...	W3 dans le buffer H1
...	W3 usiné par V1
...	W3 dans le buffer H1
...	Machines V1 disponibles
...	Machines V2 disponibles
...	Machines V3 disponibles
...	Machines V4 disponibles
...	Machines V5 disponibles
...	Postes A1 disponibles
...	Poste A2 disponibles
...	Buffers H1 disponibles
...	Buffers H2 disponibles
...	Buffers H3 disponibles
...	Buffers H4 disponibles
...	Buffers H5 disponibles

TABLE 1 – Exemple de nom des places dans la modélisation

**Généralisation.** Modélisation en prenant en compte les quantités de ressources  $(x, y)$ , les quantités  $v_i, h_i$ .

**Q#5** Proposez une nouvelle modélisation qui permet de généraliser les solutions aux question précédentes. Argumentez vos propositions de modélisation.

### Implantation et simulation avec Romeo et Pipe

Mettez en œuvre et expérimentez vos modèles en utilisant Romeo (et Pipe). Réfléchissez à la façon dont on peut programmer une telle application, en exploitant les modèles RdP : de quelles structures de contrôles auriez-vous besoins par exemple (pour gérer les attentes/blocages, les synchronisations, les mises à jour, ...)?

### Références :

*Process Nets With Resources for Manufacturing Modeling and Their Analysis* ;  
 MuDer Jeng, Xiaolan Xie, and MaoYu Peng  
 IEEE Transactions on Robotics And Automation, Vol. 18, No. 6, December 2002