Chaîne de montage et robots

1 Données du problème

1.1 Chaîne de montage et robots

Données du problème

On met en place un poste d'usinage qui peut travailler avec 5 pièces simultanément :

- 4 pièces dans les bacs d'un plateau rotatif ;
- 1 pièce au poste d'assemblage.

La pose et la levée des pièces est a la charge de 2 robots RA et RB dont on veut écrire deux fonctions de base : *deposer* pour RA et *prendre* pour RB.

- RA dispose de la fonction *poser_la_piece*
- RB dispose de la fonction *enlever_la_piece*
- RA et RB disposent des fonctions
  - *examine* permet de savoir si on peut respectivement poser ou enlever la pièce et prépare le cas échéant
  - *tourner* qui effectue une rotation du plateau

Propriétés à vérifier

- Le système ne peut pas manipuler plus de 5 pièces
- Si le plateau peut recevoir 4 pièces, alors la dernière pièce est tenue par un robot

- Le plateau ne tourne que quand
  - ni RA n'est en train de poser une pièce
  - ni RB n'est en train d'en enlever une

Modéliser

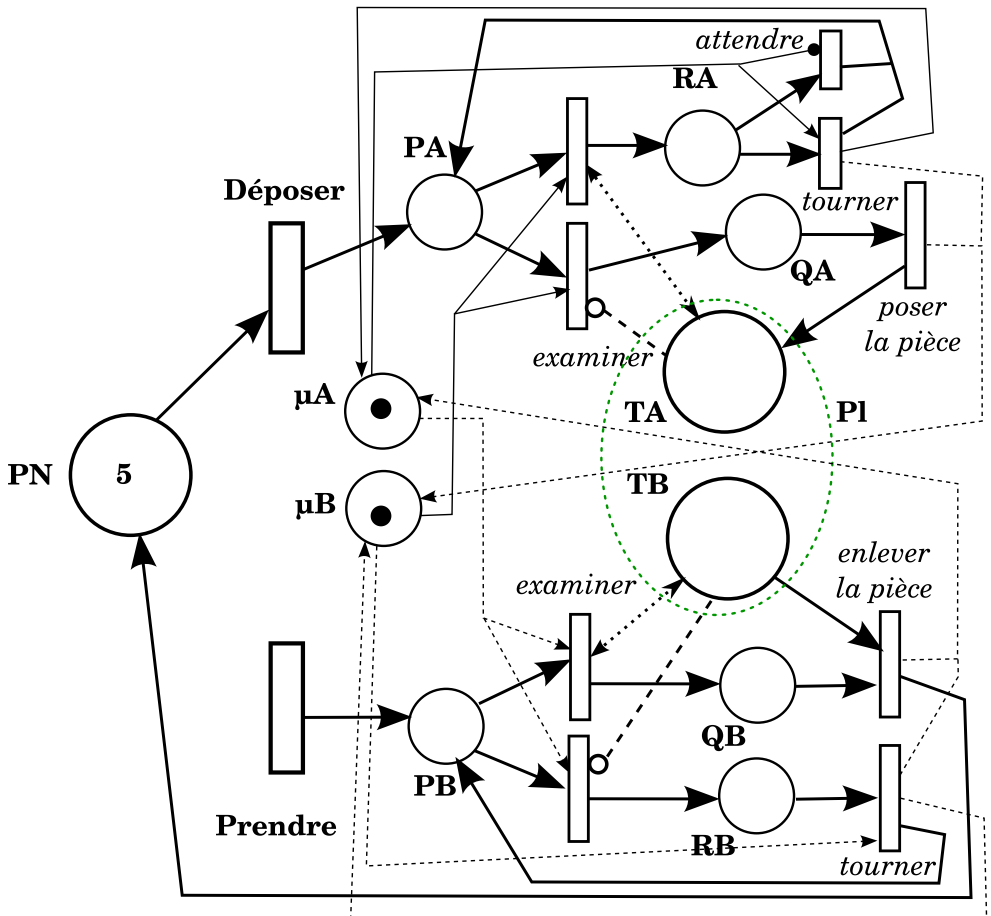
- On ne modélisera pas le plateau rotatif avec les RdP
  - Une place TA contient un jeton si le bac de RA contient une pièce
  - Une place TB contient un jeton si le bac de RB contient une pièce
- L'appel au fonctions *poser* et *prendre* seront modélisées par des transitions non autonomes

Au niveau programmation on suppose qu'on dispose des fonctions

- *debut_atomique* qui marque le début d'une section atomique
- *fin_atomique* qui marque la fin d'une section atomique

2 Exemple de solution

Exemple de modèle



Matrice d'incidence du réseau

$$W = \begin{array}{c|rrrrrrrrrrr} & D_{ep} & Ex_{A-P} & Ex_{A-R} & P_{oser} & T_{ourA} & A_{tt} & P_{rendre} & Ex_{B-P} & Ex_{B-R} & T_{ourB} & E_{nlever} \\ \hline P_A & 1 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Q_A & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ R_A & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mu_A & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ P_B & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 1 & 0 \\ Q_B & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ R_B & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ \mu_B & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ PN & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ Pl & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{array}$$

et 3 invariants de marquage:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow m_{P_A} + m_{Q_A} + m_{R_A} m_{PN} + m_{Pl} = 5 \;\; (1)$$

$$\begin{pmatrix}0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0\end{pmatrix} \rightarrow m_{\mu_A} + m_{QB} + m_{RB} = 1 \qquad (2)$$
$$\begin{pmatrix}0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0\end{pmatrix} \rightarrow m_{QA} + m_{R_A} + m_{\mu_B} = 1 \qquad (3)$$

Vérification des propriétés 1/3

Theorem 1. *Le nombre de pièces dans le système est au plus 5*

Proof. L'invariant de marquage $m_{P_A} + m_{Q_A} + m_{R_A} + m_{PN} + m_{Pl} = 5$ donne le résultat. □

Vérification des propriétés 2/3

Theorem 2. *Dans le cas où on a 5 pièce dans le système, on a 4 pièces sur le plateau et 1 portée par un robot*

Proof.
- L'invariant de marquage (1) $m_{P_A} + m_{Q_A} + m_{R_A} + m_{PN} + m_{Pl} = 5$

Si $m_{Pl} = 4$ le résultat est évident.
Rem.: on peut noter que $mP_A + mQ_A + m_{R_A} \leq 1$ □

Vérification des propriétés 3/3

Le plateau ne tourne que quand

- ni RA n'est en train de poser une pièce
- ni RB n'est en train d'en enlever une

Proof. Par les propriétés des transitions **Tourner**

- Si RA pose une pièce ou examine le plateau, alors μ_B ne contient pas de jetons, donc la transition est invalidée pour RB
- Si RB prend une pièce ou examine le plateau, alors μ_A ne contient pas de jeton, donc la transition est invalidée pour RA

□

Programmation: initialisation

```
static PN=5;
static PA=QA=0;
static PB=QB=0;
static muA=muB=1;
/* On suppose que TA et TB sont initialisés par les fonctions qui s'occupent
du plateau */
```

Programmation: fonction deposer

```
void deposer(void) {
  debut_atomique();
  if(PN > 0) { --PN; ++PA;}
  fin_atomique();
  while(PA ≠ 0) do {
    debut_atomique();
  /* Transitions examiner */
    while(muB < 1) {fin_atomique(); debut_atomique();}
    if(examiner()> 0) {--PA; ++RA; }
    else { --PA; ++QA; }
    fin_atomique();
    if(RA > 0) poser_la_piece();
    debut_atomique();
    if(RA > 0) { --RA; TA++; }
    else {--QA; ++PA;
      if(muA > 0) tourner();}
    muB++;
    fin_atomique(); } }
```

Programmation: fonction prendre

```
void prendre(void) {
  ++PB;
  while(PB ≠ 0) do {
    debut_atomique();
    if(examiner()= 0) { --PB; ++QB; }
    else { --PB; ++RB; }
    fin_atomique();
    if(QB > 0) enlever_la_piece();
```

```
debut_atomique();
if(QB > 0){--QB; TB--;}
else { while(muB< 1) {fin_atomique(); debut_atomique();}
   --RB;++PB;++muA; tourner();}
fin_atomique(); } }
```

Graphe de marquage et exercices

A partir du vecteur de marquage avec PN=4, PA=1, PB=1 et Pl= 1, donner le graphe de marquage.

Avec la matrice d'incidence, montrer quelles sont les séquences répétitives.