

## EXAMEN Systèmes

C. TRABELSI et A. BRIERE  
(Durée : 1h30)

### Exercice1: Questions de cours (4 points)

1. Une machine à états a une sortie S qui suit l'équation  $S = E + Q$ , où E est l'entrée de cette machine et Q est l'état courant. Quel est le type de cette machine (Moore ou Mealy). Justifier votre réponse.

C'est une machine de Mealy puisque la sortie dépend de l'entrée et de l'état courant.

2. Une machine à états a 4 états. Donner les codes de ces états en codage Gray et en codage One-Hot. Donner un avantage de chacun de ces deux types de codage.

Codage Gray : 00, 01, 11, 10. Codage One-hot : 0001, 0010, 0100, 1000.

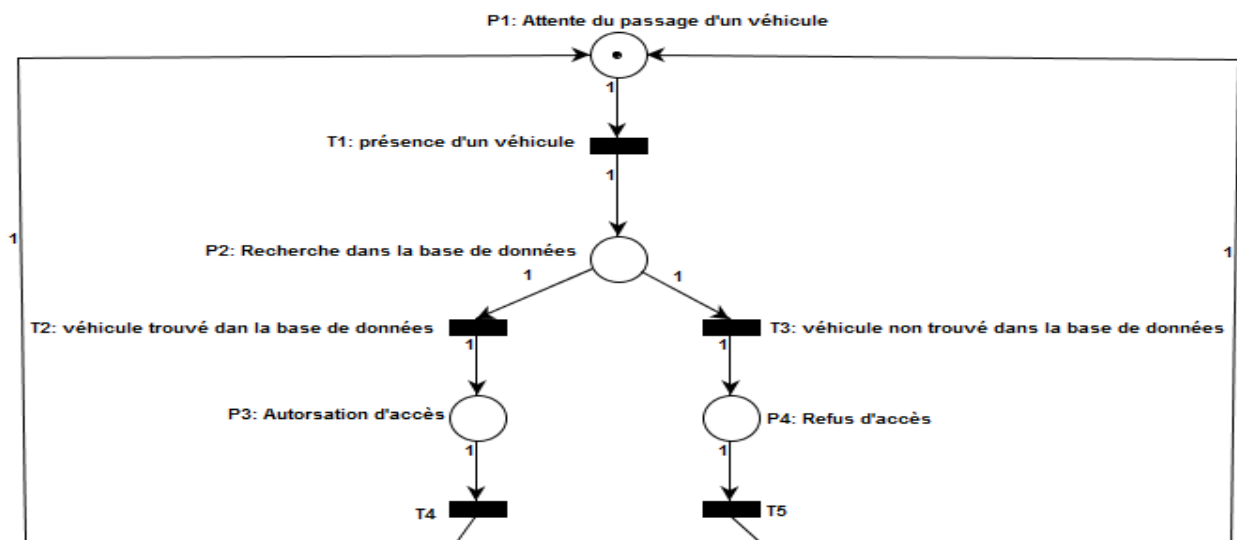
Le codage Gray permet de minimiser les états instables/ nombre de bascules.

Le codage One-Hot permet de simplifier les équations des bascules et la possibilité de modification ultérieure.

3. Un convertisseur numérique analogique ayant une résolution de 4 bits et une plage de conversion de 0 à 5V. Si le convertisseur reçoit la valeur numérique 6, quelle sera la tension de sortie ?

$V_s = N \times \text{LSB}$ ,  $\text{LSB} = V_{\text{ref}}/2^{n-1} \rightarrow V_s = 6 \times 5/15 = 2V$

### Exercice2 : Analyse d'un réseau de Petri (7 points)



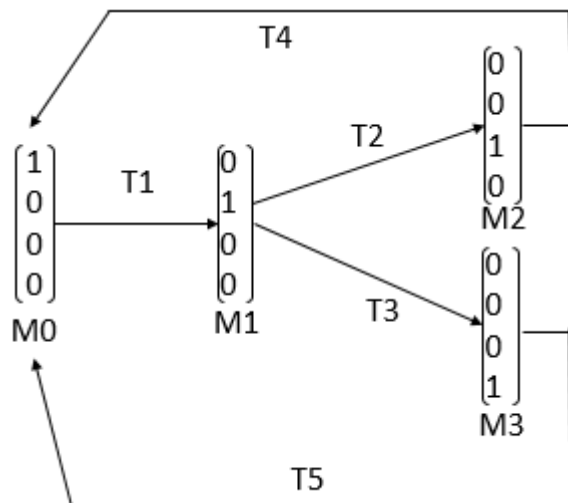
Soit le réseau de Petri ci-dessus qui modélise un système de contrôle d'accès de véhicules à un bâtiment.

1. Classer le RdP selon les critères structurels suivants en justifiant vos réponses
  - Graphe d'états → oui toutes les transitions ont une seule place d'entrée et de sortie
  - Graphe d'évènements → non, la place P1 a deux transitions de sortie
  - Avec/sans conflit → avec conflit, P2[T2, T3]
  - Pur → oui, pas de boucles élémentaires

2. Donner la matrice d'incidence

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

3. Donner le graphe de marquages accessibles



4. Démontrer que le réseau est pseudo-vivant/sans blocage en se basant sur le graphe de marquages.

Il y a au moins une transition à partir de chaque marquage accessible

5. Démontrer que le réseau est borné en se basant sur le graphe de marquages. Donner sa borne.

Le nombre de jetons est limité à 1 jeton.

6. Déterminer les séquences répétitives (les cycles) dans le graphe de marquages. En déduire les vecteurs T-invariants. Démontrer mathématiquement (en utilisant la matrice d'incidence) que les vecteurs trouvés représentent bien des cycles.

Les cycles [T1, T2, T4] et [T1, T3, T5] → les T-invariants [1 1 0 1 0]T et [1 0 1 0 1]T.  
La multiplication de la matrice d'incidence par les transposés des vecteurs T-invariant donne un résultat nul

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

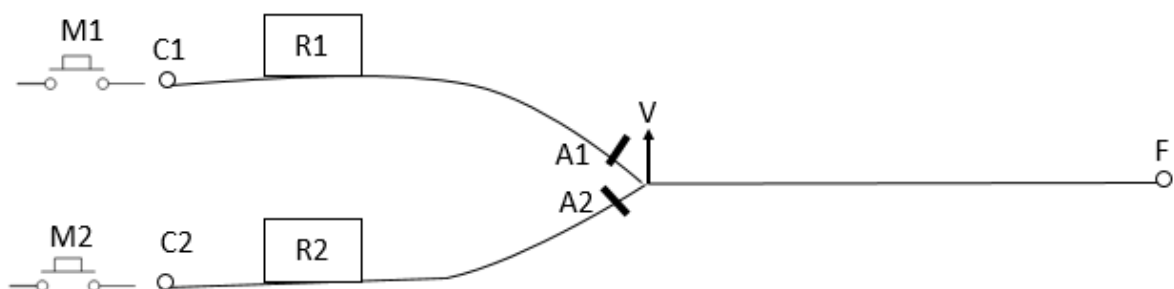
$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

7. Démontrer mathématiquement (en utilisant la matrice d'incidence) que le vecteur  $[1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$  est un P-invariant. Quelle est la signification de ce P-invariant pour ce système de contrôle d'accès?

La multiplication du vecteur P-invariant transposé par la matrice d'incidence donne un résultat nul. La signification : le système ne peut se trouver que dans un état parmi 4.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

### Exercice3 : Modélisation par un GRAFCET (4 points)



Soit le système de transfert d'objets par deux robots R1 et R2 illustré par la figure ci-dessus.

Les deux robots R1 et R2 sont initialement en position C1, respectivement C2. Les robots doivent faire le chemin d'aller-retour entre les points C1 et F, respectivement C2 et F. Ces deux chemins comportent une portion de chemin commune où un seul robot peut y accéder à la fois.

Le déplacement du robot1 suit les règles suivantes. Si on appuie sur le bouton M1, le robot1 fait un mouvement à droite. Si le robot arrive à la position A1 et que la voie commune est libre, le robot continue à droite jusqu'à la position F, sinon il attend la libération de la voie commune. Pour assurer le passage du robot1 sur la voie commune un aiguillage est effectué par le système. Pour ce faire, la variable V doit rester à 1 tout le long de cette voie (Si V est à 0 l'aiguillage permet le déplacement du robot2 sur la voie commune). Quand le robot1 arrive à la position F, il y reste pendant 100s puis se déplace à gauche jusqu'au point A1. L'aiguillage V est remis à 0, la voie commune devient libre et le robot continue à gauche jusqu'au point C1.

Le déplacement du robot2 suit les règles suivantes. Si on appuie sur le bouton M2, le robot2 fait un mouvement à droite. Si le robot arrive à la position A2, que le robot1 ne se trouve pas au point A1 (le robot1 étant prioritaire) et que la voie commune est libre, le robot continue à droite jusqu'à la position F, sinon il attend le passage du robot1 vers le point F et/ou la libération de la voie commune. La variable V doit rester à 0 tout le long de cette voie pour assurer le déplacement du robot2 sur la voie commune. Quand le robot2 arrive à la position F, il y reste pendant 100s puis se déplace à gauche jusqu'au point A2. L'aiguillage V est remis à 0, la voie commune devient libre et le robot continue à gauche jusqu'au point C2.

Question : Modéliser un système de commande pour ces robots à base de GRAFCET. Vous disposez des éléments suivants :

Entrées du système (Variables externes) :

m1 : le signal venant du bouton M1

m2 : le signal venant du bouton M2

c1 : le signal venant du capteur de position C1

c2 : le signal venant du capteur de position C2

a1 : le signal venant du capteur de position A1

a2 : le signal venant du capteur de position A2

f : le signal venant du capteur de position F

Actions à niveau :

D1 : mouvement à droite du robot1

D2 : mouvement à droite du robot2

G1 : mouvement à gauche du robot1

G2 : mouvement à gauche du robot2

V : aiguillage de la voie commune

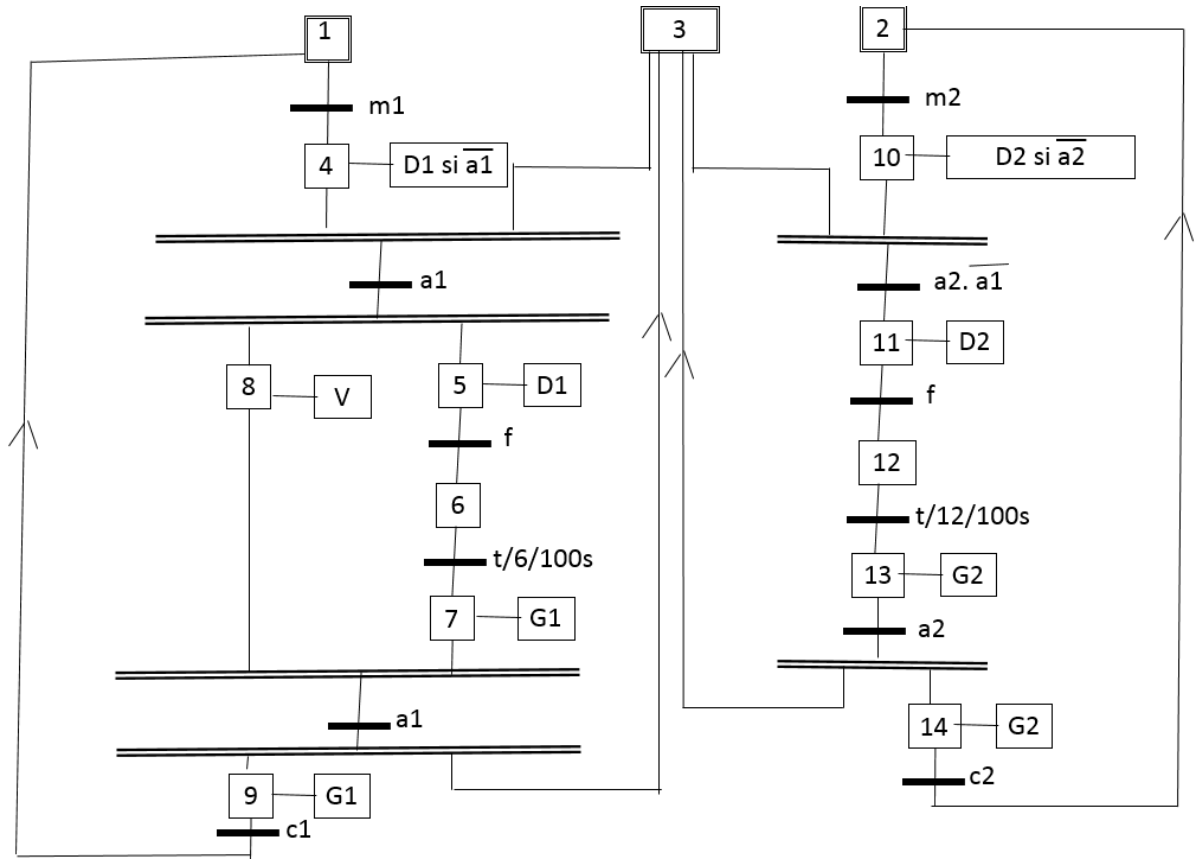
Le GRAFCET doit avoir 3 étapes initiales (3 cadres doubles):

Etape1 : le robot1 est en position C1

Etape2 : le robot2 est en position C2

Etape3 : la voie commune est libre

Le test si la voie commune est libre correspond à une transition ayant l'étape 3 comme une des étapes d'entrée. La libération de la voie commune correspond à une transition ayant l'étape 3 comme une des étapes de sortie.



**Exercice4 : Architecture d'un ordinateur (5 points)**

1. Soit le plan mémoire décrit dans le tableau ci-dessous. Trois mémoires sont placées dans ce plan. Une mémoire ROM entre les adresses A000h et BFFFh, une mémoire RAM1 entre les adresses 6000h et 6FFFh et une mémoire RAM2 entre les adresses 5000h et 5FFFh . Remplir les cases vides du tableau

			A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
Libre	Fin	FFFFh	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Début	C000h	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ROM	Fin	BFFFh	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Début	A000h	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIBRE	Fin	9FFFh	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Début	7000h	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RAM1	Fin	6FFFh	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Début	6000h	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RAM2	Fin	5FFFh	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	Début	5000h	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIBRE	Fin	4FFFh	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Début	0000h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2. En se basant sur le tableau précédent, les équations d'activation, donner les équations d'activation (Chip Enable) des trois mémoires (CEROM, CERAM1 et CERAM2)

$$\overline{\text{CEROM}} = \overline{\text{A15}} \cdot \overline{\text{A14}} \cdot \overline{\text{A13}}$$

$$\overline{\text{CERAM1}} = \overline{\text{A15}} \cdot \overline{\text{A14}} \cdot \overline{\text{A13}} \cdot \overline{\text{A12}}$$

$$\overline{\text{CERAM2}} = \overline{\text{A15}} \cdot \overline{\text{A14}} \cdot \overline{\text{A13}} \cdot \overline{\text{A12}}$$

3. Déterminer les tailles en mots mémoire des mémoires ROM, RAM1 et RAM2.

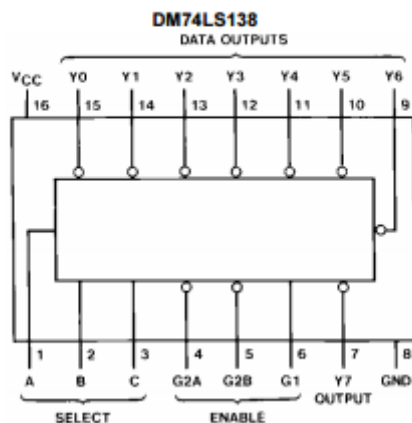
$$\text{Taille ROM} = \text{BFFFh} - \text{A000h} + 1 = 2000\text{h} = 2^{13} = 8\text{K mots mémoire}$$

$$\text{Taille RAM1} = \text{6FFFh} - \text{6000h} + 1 = 1000\text{h} = 2^{12} = 4\text{K mots mémoire}$$

$$\text{Taille RAM2} = \text{5FFFh} - \text{5000h} + 1 = 1000\text{h} = 2^{12} = 4\text{K mots mémoire}$$

4. Un décodeur 74LS138 sera utilisé pour l'activation des mémoires RAM1 et RAM2. L'activation de la mémoire ROM sans ce décodeur. Donner un schéma décrivant l'activation des mémoires utilisées. La figure ci-dessous décrit l'interface et le fonctionnement du décodeur 74LS138.

## Connection Diagrams



## Function Tables

DM74LS138												
Inputs					Outputs							
Enable		Select										
G1	G2 (Note 1)	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H

H = HIGH Level  
L = LOW Level  
X = Don't Care

Note 1: G2 = G2A + G2B

