##### Année 2020-2021

**Le langage Grafcet**

Un système industriel apporte une **valeur ajoutée** sur le produit entrant.

L’**automatisation** fournit des éléments supplémentaires à cette valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d’objectifs :

* accroître la productivité du système

meilleure rentabilité

meilleure compétitivité

* améliorer la flexibilité de production
* améliorer la qualité du produit
* meilleure répétabilité de la valeur ajoutée

**Programmation d’un API**

La plupart des automates programmables industriels sont compatibles avec la

**norme internationale IEC 1131** qui définie les langages de programmation suivants :

**SFC** (Sequential Function Chart) : GRAFCET pour la programmation haut niveau

**FBD** (Fonctionnal Black Diagram) : Logigramme pour les opérations cycliques complexes

**LD** (Ladder Diagram) : Schéma à contact pour les opérations booléennes

**ST** (Structured Text) : Langage texte structuré pour toutes les opérations cycliques

**IL** (Instruction List) : Liste d’instructions pour les opérations de bas niveau

Ces langages permettent la **portabilité des applications** d’un type d’automate à un autre.

Le GRAFCET

**(GRAphe Fonctionnel de Commande Etape-Transition)**

## Définition du GRAFCET

A l’origine, le GRAFCET est un **outil graphique** permettant de décrire le fonctionnement d’un

système automatisé séquentiel.

Description du **cahier des charges d’un automatisme**

Le GRAFCET décrit les **comportements successifs de la partie commande** en mettant en évidence :

* + les **actions** engendrées
  + et les **événements** qui les commandent

Par la suite, le GRAFCET est devenu un **langage de programmation graphique** qui est

aujourd’hui exploitable par la plupart des API existants sur le marché.

## Evolution du GRAFCET

Adapté en 1977

1982 : Norme Française NF C03-190

1992 : Norme Européenne EN 61-131

1992 : Norme Internationale CEI 1131

## Principe du GRAFCET

Le GRAFCET fait intervenir :

Des **étapes** auxquelles sont associées un certain nombre d’actions

Des **transitions** auxquelles sont associées des réceptivités

Les étapes et les transitions sont reliées par des arcs de façon à toujours avoir une **alternance d’étapes et de transitions**

## Les étapes

##### Définition d’une étape

L'étape symbolise une **situation** dans laquelle l'état du système est **invariant** (pas d’évolution

sur les sorties).

A chaque étape est associée une (ou plusieurs) **action**, c'est à dire un ordre vers la partie opérative du système.

##### Représentation d’une étape

 On représente chaque étape par un carré, l'action est définie dans un rectangle à **droite**.

L’action s’écrit en MAJUSCULE.

 L'entrée se fait par le haut du carré et la sortie par le bas.

 On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant par pas de 1. Deux étapes différentes ne doivent **jamais** avoir le même numéro.

**n°**

**ACTION**

Si plusieurs liaisons arrivent sur une étape, pour plus de clarté on les fait arriver sur une barre horizontale, de même pour plusieurs liaisons partant de l'étape.

Cette barre horizontale n'est pas une nouvelle entité du GRAFCET, elle fait partie de l'étape, et ne représente qu'un "agrandissement" de la face supérieure (ou inférieure) de l'étape.

**n°**

**ACTION**

##### Etats d’une étape

Une étape possède deux états distincts, elle peut être **ACTIVE** ou **INACTIVE**.

Une étape est dite **ACTIVE** lorsqu'elle effectue l'action (ou les actions) qui lui est associée.

On peut représenter une étape active à un instant donné en dessinant un point à l'intérieur.

Une **variable d'étape** est associée à chaque étape (en général repérée par X*n*, ou *n* est le numéro de l'étape). Cette variable est booléenne et vaut 1 lorsque l'étape associée est active, et 0 lorsque celle-ci est inactive.

##### Exemple :

**4**

**SORTIR VERIN**

Etape 4 inactive

Etape 4 active



**SORTIR VERIN**

**4**

X4 = 0

X4 = 1

##### Etape initiale

 Une étape peut être **initiale**, et est alors active au début du processus de commande (les étapes non initiales sont alors inactives).

 On repère une étape initiale par un doublement du symbole d'étape.

 L'ensemble de ces étapes initiales caractérise le **comportement initial** de la partie commande.

**n°**

**ACTION**

##### Situation d’un GRAFCET

La **situation** d'un GRAFCET à un instant donné est définie comme la liste de ses étapes actives à cet instant.

## Les transitions

##### Définition

Une **transition** indique la possibilité d'évolution qui existe entre deux étapes. Elle représente donc une possibilité de changement d'état du système.

A la suite de certains événements dans la partie Opérative ou dans la partie Commande

**Franchissement des transitions** Changements d'état du GRAFCET

A chaque transition est associée une **réceptivité** qui détermine la condition nécessaire pour passer d'une étape à une autre.

##### Représentation

 Une transition se représente par un tiret horizontal,

 On note à droite la réceptivité,

 On peut noter à gauche un numéro de transition

(entier positif, indépendant des numéros d'étapes).

n° réceptivité

Dans le cas de plusieurs liaisons arrivant sur une transition, on les fait converger sur une grande double barre horizontale, qui n'est qu'une représentation du dessus de la transition.

On fait de même pour plusieurs liaisons partant sous une transition.

réceptivité

##### La réceptivité

Cette **condition de franchissement** de la transition s'exprime sous forme d'une fonction combinatoire calculée à partir :

 des variables d'entrées traduisant l'état des capteurs et de boutons poussoirs

 de temporisations (opérateur retard)

 de l'état courant des étapes du graphe (variables d'état X*n*)

 des opérateurs logiques ET, OU, NON

 des opérateurs front montant et front descendant (notés  et )

 des opérateurs de comparaison ...

##### Exemples de réceptivités :

a + b

VerinSorti  PiècePrésente

X11

t/X20/5sec compteur < 3

=1

Si la réceptivité n'est pas précisée, cela signifie qu'elle est toujours vraie.

**Définition**

## Les liaisons orientées

Une **liaison** est un arc orienté permettant de relier une étape à une transition ou une transition

à une étape.

Une liaison ne peut être parcourue **que dans un sens**.

A une extrémité d'une liaison il y a **UNE étape**, à l'autre **UNE transition**.

##### Représentation

 Une liaison se représente par un trait, vertical ou horizontal.

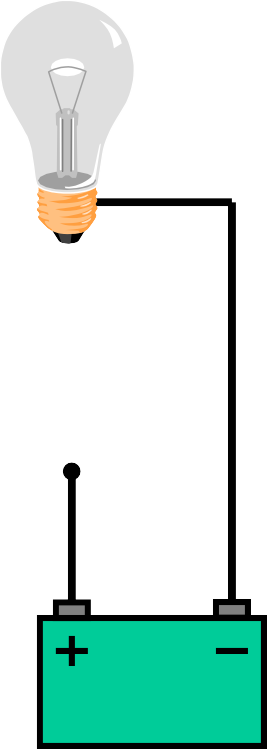
 Une liaison horizontale est parcourue de gauche à droite, sinon il faut le préciser par une flèche.

 Une liaison verticale est parcourue de haut en bas, sinon il faut le préciser par une flèche.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

## Exemple simple de GRAFCET

##### 1



interrupteur fermé

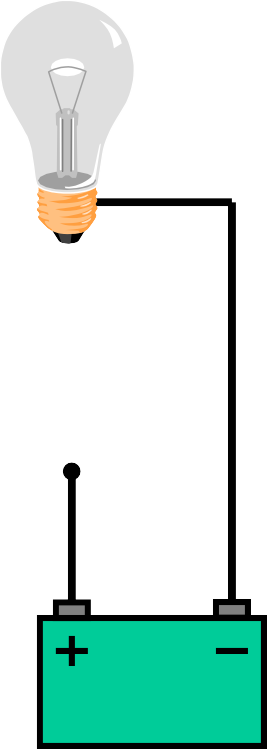
##### 2



**ALLUMER LAMPE**

**interrupteur ouvert**

##### 1



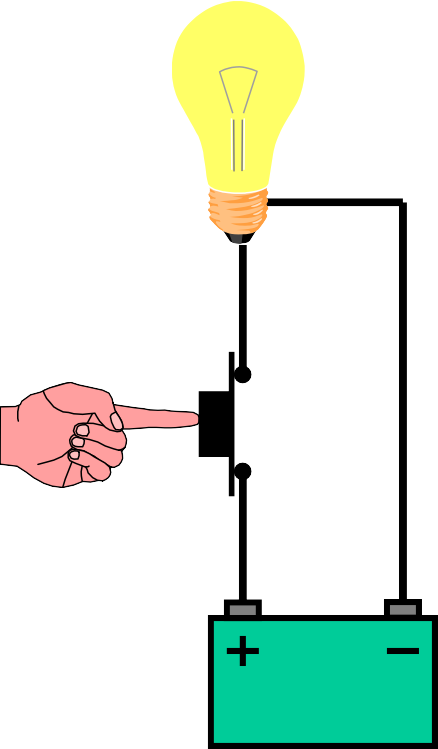
**interrupteur fermé**

##### 2

**ALLUMER LAMPE**

interrupteur ouvert

##### 1



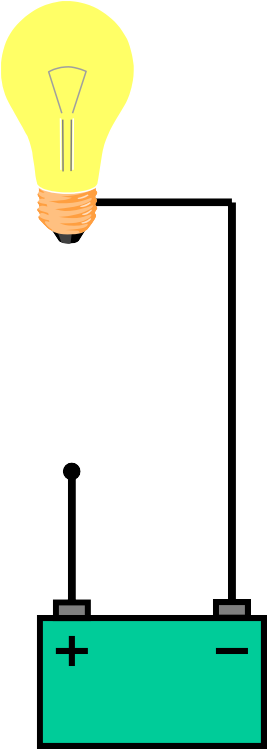
**interrupteur fermé**

**2**

**ALLUMER LAMPE**

interrupteur ouvert

##### 1



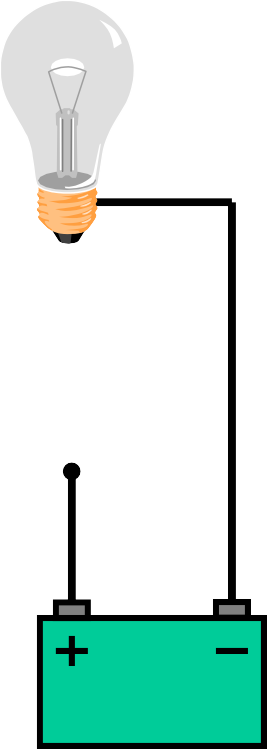
interrupteur fermé

**2**

**ALLUMER LAMPE**

##### interrupteur ouvert

**1**



interrupteur fermé

##### 2



**ALLUMER LAMPE**

**interrupteur ouvert**

## Les variables Temporisations (opérateur retard)

Une variable temporisation S*n* est une variable booléenne dont le mode d'évaluation permet de **prendre en compte le temps**.

De manière générale, elle s'écrit :

**S*n* = t1/E*n*/t2**

où :

**E*n*** désigne une **variable d'entrée** qui déclenche la temporiation,

**t1** désigne le retard apporté au **front montant** de la variable d'entrée E*n*,

**t2** désigne le retard apporté au **front descendant** de la variable d'entrée E*n*.

Les délais t1 et t2 peuvent être nuls. Dans ce cas, on préférera écrire respectivement

**En/t2** ou **t1/En**.

Dans un GRAFCET, t1 et t2 sont remplacés par des valeurs exprimées dans une unité de temps donnée.

L'évolution de S*n* est la suivante :

En

Sn = t1/En/t2

t

t1 t2

La variable E*n* doit être présente pendant un temps **supérieur ou égal** à t1 pour que S*n* puisse être évaluée.

L'utilisation et la notation les plus courantes consistent à prendre E*n* égale à une variable d'état, par exemple X*m* associée à l'étape numéro *m* et à choisir t2 = 0.

La variable S*n* est alors notée **t/X*m*/d** où d est la durée de temporisation.

##### Exemple :

X20

##### 20

**MELANGER**

t/X20/30s + a

a

t/X20/30s

t

30 sec.

**Remarque :** La variable temporisation repasse à 0 sur l’activation suivante de l’étape 20.

## Les actions

Une action est une sortie de la partie commande qui permet d'**envoyer un ordre** vers la partie opérative du système.

**Une ou des actions** peuvent être associées à une étape.

Dans le cas où plusieurs actions sont associées à une étape, on les représente de l’une des deux manières suivantes :

**n°**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **ACTION 1** |  | **ACTION 2** |
|  |  |

**n°**

**ACTION 2**

**ACTION 1**

L’action ou les actions associées à une étape ne sont exécutées **uniquement** lorsque cette étape est active.

Le GRAFCET possède trois types d'actions :

 les **actions continues**,

 les **actions conditionnelles**,

 les **actions mémorisées**

**Les actions continues**

La sortie S correspondante est émise à vrai **tant que** l'étape associée est active. Lorsque l'étape devient inactive la sortie est émise à faux.

Xn

**n**

**Sm**

Sm

t

**Les actions conditionnelles**

Une action conditionnelle n'est exécutée que si l'étape n associée est active **et si la condition associée à cette action est vraie**.

Cette condition notée Cn s'exprime sous forme d'une fonction combinatoire calculée à partir :

 des variables d'entrées traduisant l'état des capteurs et de boutons poussoirs

 de temporisations (opérateur retard)

 de l'état courant des étapes du graphe (variables d'état X*n*)

 des opérateurs logiques ET, OU, NON

 des opérateurs front montant et front descendant (notés  et )

 des opérateurs de comparaison ...

Le **caractère conditionnel** qui peut être de trois types (condition, retardé ou limité) apparaît dans le cadre de l'action.

##### condition

**n**

**type**

**Sm**

Une action conditionnelle simple est une action dont l'exécution est **soumise à une condition**.

##### Cn

Xn

**n**

**C**

**Sm**

Cn

Sm

t

Une action conditionnelle retardée sur l’étape n est une action conditionnelle où la condition Cn s’écrit **t1/Xn/d** avec d, le délai associé au retard.

La sortie Sm ne devient vrai qu’après un retard donné par rapport à l’activation de l’étape n.

##### t/Xn/50 ms

Xn

**n**

**D**

**Sm**

Sm

t

50 ms

Une action conditionnelle limitée dans le temps sur l'étape n est une action conditionnelle où la condition Cn s'écrit **non(t1/Xn/L)** avec L la durée associée à la limitation temporelle.

La sortie Sm n’est vraie que pendant une durée donnée à partir de l’activation de l’étape n.

##### non(t/Xn/100 ms)

Xn

**n**

**L**

**Sm**

Sm

t

100 ms

**Les actions mémorisées**

Une étape à **action mémorisée** permet de mettre la sortie correspondante dans un état spécifié lors de son activation. La désactivation de cette étape ne remet pas la sortie associée à son état d'origine : le passage dans un autre état de cette sortie devra être décrit explicitement par une autre étape.

La mémorisation à l'état vrai d'une sortie se symbolise par la lettre **S (set)** et la mémorisation à l'état faux par la lettre **R (reset)** dans le cadre de l'action attachée à l'étape.

Xn

**n**

**S**

**Sm**

Xp

**p**

**R**

**Sm**

Sm

t

## Règles d’évolution du GRAFCET

Un GRAFCET possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles, elles précisent les causes et les effets du franchissement des transistions.

#### Règle 1 : Situation initiale

La situation initiale d’un GRAFCET caractérise le **comportement initial de la partie**

**commande** vis-à-vis de la partie opérative et/ou de l’opérateur.

Elle correspond aux **étapes actives au début du fonctionnement** (étapes initiales). Tout GRAFCET doit contenir **au moins une étape initiale**.

**Attention** : A la mise en marche d’un système, toutes les actions associées aux étapes

initiales sont effectuées.

#### Règle 2 : Franchissement d’une transition

Une transition est soit validée, soit non validée.

Elle est validée lorsque **toutes** les étapes amonts (immédiatement précédentes reliées à cette transition) sont actives.

Elle ne peut être franchie que :

 lorsqu’elle est validée

 **et** que la réceptivité associée à la transition est vraie La transition est alors **obligatoirement** franchie.

##### Exemple :



**10**

**11**

Transition non validée car l’étape 10 n’est pas active.

Quel que soit l’état de la réceptivité, elle n’est pas franchissable.

##### a  (b +c) = 0 ou 1

**12**

#### Règle 2 : Franchissement d’une transition

Une transition est soit validée, soit non validée.

Elle est validée lorsque **toutes** les étapes amonts (immédiatement précédentes reliées à cette transition) sont actives.

Elle ne peut être franchie que :

 lorsqu’elle est validée

 **et** que la réceptivité associée à la transition est vraie La transition est alors **obligatoirement** franchie.

##### Exemple :



**10**

**11**

Transition validée car les étapes 10 et 11 sont actives, mais elle ne peut être franchie car la réceptivité est fausse.

##### a  (b +c) = 0

**12**

#### Règle 2 : Franchissement d’une transition

Une transition est soit validée, soit non validée.

Elle est validée lorsque **toutes** les étapes amonts (immédiatement précédentes reliées à cette transition) sont actives.

Elle ne peut être franchie que :

 lorsqu’elle est validée

 **et** que la réceptivité associée à la transition est vraie La transition est alors **obligatoirement** franchie.

##### Exemple :



**10**

**11**

Transition validée car les étapes 10 et 11 sont actives, et réceptivité est vraie.

La transition va donc être franchie.

##### a  (b +c) = 1

**12**

#### Règle 2 : Franchissement d’une transition

Une transition est soit validée, soit non validée.

Elle est validée lorsque **toutes** les étapes amonts (immédiatement précédentes reliées à cette transition) sont actives.

Elle ne peut être franchie que :

 lorsqu’elle est validée

 **et** que la réceptivité associée à la transition est vraie La transition est alors **obligatoirement** franchie.

##### Exemple :

**10**

**11**

Transition franchie.

##### a  (b +c) = 1



**12**

Le franchissement d’une transition entraîne **simultanément** l’activation de toutes les étapes avales (immédiatement suivantes) et la désactivation de toutes les étapes amonts (immédiatement précédentes).

##### Exemple :



**11**



**10**



**12**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |

**0**

**a**  **(b +c) =**

**13**

**14**

Les étapes 10, 11 et 12 sont actives La transition est validée

Le franchissement d’une transition entraîne **simultanément** l’activation de toutes les étapes avales (immédiatement suivantes) et la désactivation de toutes les étapes amonts (immédiatement précédentes).

##### Exemple :



**11**



**10**



**12**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |

**1**

**a**  **(b +c) =**

**13**

**14**

La transition est franchie

Le franchissement d’une transition entraîne **simultanément** l’activation de toutes les étapes avales (immédiatement suivantes) et la désactivation de toutes les étapes amonts (immédiatement précédentes).

##### Exemple :

**11**

**10**

**12**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |

**1**

**a**  **(b +c) =**



**13**

**14**

Les étapes 10, 11 et 12 sont désactivées Les étapes 13 et 14 sont activées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont **simultanément franchies**.

#### Règle 5 : Conflit d’activation

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être simultanément désactivée et activée, **elle reste activée**.

L’activation est prioritaire sur la désactivation au niveau d’une même étape : on évite ainsi des commandes transitoires non désirées (néfastes au procédé).

##### Exemple :

a



**10**

**11**

**12**

a

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont **simultanément franchies**.

#### Règle 5 : Conflit d’activation

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être simultanément désactivée et activée, **elle reste activée**.

L’activation est prioritaire sur la désactivation au niveau d’une même étape : on évite ainsi des commandes transitoires non désirées (néfastes au procédé).

##### Exemple :

**a**



**10**

**11**

**12**

**a**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont **simultanément franchies**.

#### Règle 5 : Conflit d’activation

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être simultanément désactivée et activée, **elle reste activée**.

L’activation est prioritaire sur la désactivation au niveau d’une même étape : on évite ainsi des commandes transitoires (néfastes au procédé) non désirées.

##### Exemple :

a



**10**

**11**

**12**

a

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont **simultanément franchies**.

#### Règle 5 : Conflit d’activation

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être simultanément désactivée et activée, **elle reste activée**.

L’activation est prioritaire sur la désactivation au niveau d’une même étape : on évite ainsi des commandes transitoires (néfastes au procédé) non désirées.

##### Exemple :

a



**10**

**11**

**12**

a

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont **simultanément franchies.**

#### Règle 5 : Conflit d’activation

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être simultanément désactivée et activée, **elle reste activée**.

L’activation est prioritaire sur la désactivation au niveau d’une même étape : on évite ainsi des commandes transitoires (néfastes au procédé) non désirées.

##### Exemple :

**a**



**10**

**11**

**12**

**L’étape 11 reste active a**

## Structures de base du GRAFCET

Divergence et convergence en OU Divergence et convergence en ET Saut d’étapes et reprise de séquence Etapes sources et étape puits Transitions sources et transitions puits Tâches ou Graphes auxiliaires

Macro-étapes Sémaphore d’exclusion mutuelle

Graphe de gestion de priorité

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

Début des séquences



**0** conditionnelles (divergence)

x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

**6** Fin des séquences

**Action E**

conditionnelles (convergence)

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



**x** y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



**x** y z

##### 3 4

**Action C**

**Action A**

**1**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y **z**

##### 3 4

**Action C**

**Action A**

**1**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y **z**

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 5

**Action D**

**Action B**

**2**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y **z**

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 5

**Action D**

**Action B**

**2**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x **y z**

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

**6**

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x **y z**

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

**6**

**Action E**

##### e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x **y z**

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

**e**

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x **y z**

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x **y z**

##### 1 4

**Action C**

**Action A**

**3**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x **y z**

##### 1 4

**Action C**

**Action A**

**3**

1. **c** w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. **c** w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

**e**

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

**e**

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c **w**

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. **d**

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. **d**

##### 6

**Action E**

e

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

**e**

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.

##### 0



x y z

##### 1 3 4

**Action C**

**Action A**

1. c w

##### 2 5

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6

**Action E**

**e**

Cette structure permet de faire un **choix conditionnel** entre plusieurs séquences.



**Réceptivités exclusives**

**4**

**a**  **b**

**a**  **b**

**5**

**6**

Si les variables a et b sont vraies en même temps, aucune transition ne pourra être franchie à partir de l’étape 4



**Réceptivité prioritaire**

**4**

**a**

**a**  **b**

**5**

**6**

La priorité donnée à la transition 4-5 permet à celle-ci d’être franchie lorsque les variables a et b sont vraies en même temps

##### Divergence et Convergence en ET

Cette structure permet d’exécuter plusieurs séquences simultanément.

 Les premières étapes de chaque séquence sont **activées simultanément**.

 Les évolutions des étapes actives dans chaque séquence sont **indépendantes**.

 La synchronisation de la convergence des séquences vers une séquence commune est réalisée à l’aide d’**étapes d’attente**.

Début des séquences simultanées

**3** (divergence)

p

##### 4 7

**Action C**

**Action A**

* 1. c

##### 5 8

**Action D**

**Action B**

* 1. d

##### 6 9

**Action E**

Etapes d’attente e

##### 10

=1

**11** Fin des séquences simultanées (convergence)

**4**

**7**

a

c

**5**

**8**

b

d

**6**

**9**

e

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**4**

**7**

a

c

**5**

**8**

b

d

**6**

**9**

e

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**



a

c

**5**

**8**

b

d

**6**

**9**

e

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

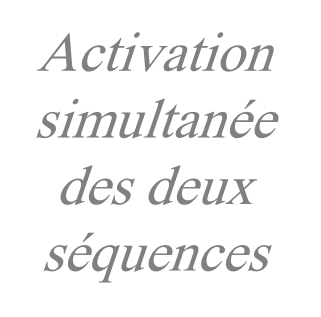
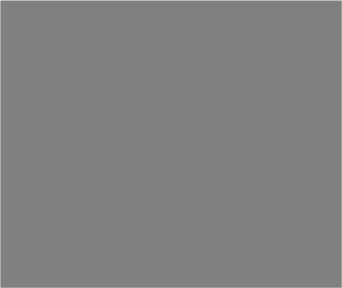
**Action B**

**Action C**

**Action A**

**7**

**4**



*Activation simultanée des deux séquences*



**a**

c

**5**

**8**

b

d

**6**

**9**

e

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**7**

**4**



**4**

**a**

c

**8**

b

d

**6**

**9**

e

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**5**

**7**



**4**

a

**c**

**8**

b

d

**6**

**9**

e

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**5**

**7**



**4**

**7**

a

**c**

b

d

**6**

**9**

e

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**8**

**5**



**4**

**7**

a

**c**

b

**d**

**6**

**9**

e

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**8**

**5**



**4**

**7**

a

c

**8**

b

d

**6**

e

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**9**

**5**



**4**

**7**

a

c

**8**

b

d

**6**

**e**

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

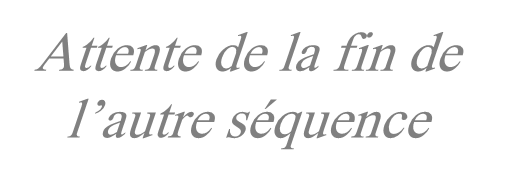
**Action B**

**Action C**

**Action A**

**9**

**5**



*Attente de la fin de l’autre séquence*



**4**

**7**

a

c

**8**

b

d

**6**

**9**

**e**

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**5**



**4**

**7**

a

c

**8**

**b**

d

**6**

**9**

**e**

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

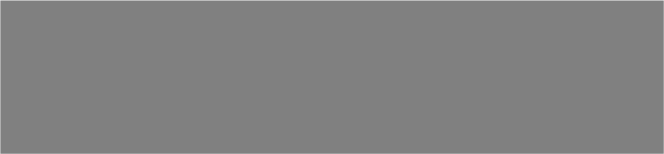
**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**5**



*Validation de la transition vers la séquence commune*



**4**

**7**

a

c

**5**

**8**

**b**

d

**6**

**9**

**e**

**10**

**=1**

**11**

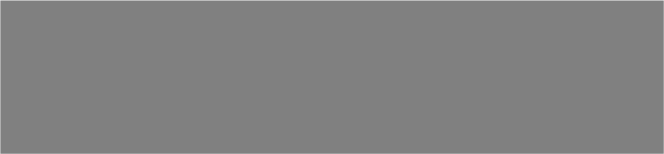
**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**



*Validation de la transition vers la séquence commune*



**4**

**7**

a

c

**5**

**8**

**b**

d

**6**

**9**

**e**

**10**

**=1**

**11**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**



##### 4 7

**Action C**

**Action A**

1. c

##### 5 8

**Action D**

**Action B**

1. d

##### 6 9

**Action E**

**e**

##### 10

**=1**

**11** *Activation de la séquence commune*

**3**

p

**4**

**6**

a

c

**5**

**7**

d

(b)

**8**

(e)

b  e

**9**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**



**3**

p

**6**

a

c

**5**

**7**

d

(b)

(e)

b  e

**9**

**Action E**

**Action D**

**Action B**

**Action C**

**Action A**

**8**

**4**

##### 3

p

##### 6

**Action C**

**Action A**

**4**

a c

##### 5 7

**Action D**

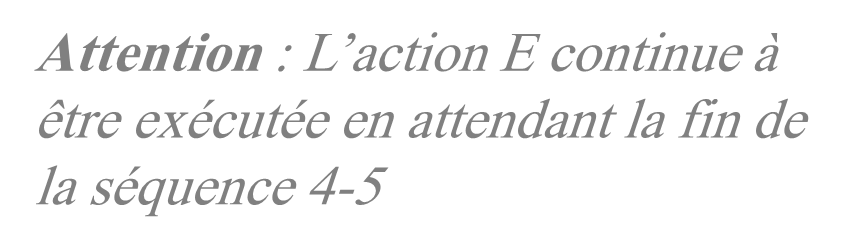
**Action B**

d

**8**

**Action E**

(b)



b  **e**

***Attention*** *: L’action E continue à être exécutée en attendant la fin de la séquence 4-5*

##### 9

(e)



c

**8**

d

**9**

**r**  e

r

**10**

**7**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

* e



**7**

**c**

d

**9**

**r**  e

r

**10**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**8**

* e



**7**

c

**8**

**d**

**r**  e

r

**10**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**9**

* e



**7**

c

**8**

d

**r**  **e**

r

**10**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**9**

##### e



**7**

c

d

**9**

r  e

**r**

**10**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**8**

* e



**7**

c

**8**

**d**

r  e

**r**

**10**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**9**

* e



**7**

c

**8**

d

r  e

**r**

**10**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**9**

##### e



**7**

c

**8**

d

**9**

r  e

**r**

**10**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

* **e**



**2**

**Action C**

s  c **s**  c

##### 3

**Action D**

d

##### 4

**Action E**

e

##### 5

**Action F**



s  c

**s**

**3**

d

**4**

e

**5**

**2**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

* + **c**



**2**

s  c

**s**

d

**4**

e

**5**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**3**

##### c



**2**

s  c

**s**

**3**

**d**

e

**5**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**4**

* + c



**2**

s  c

**s**

**3**

d

**4**

**e**

**5**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

* + c



**s**  c

s

**3**

d

**4**

e

**5**

**2**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

* + c



**s**  **c**

s

**3**

d

**4**

e

**5**

**2**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

* + c



**2**

**s**  **c**

s

**3**

d

**4**

e

**5**

**Action F**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

* + c

##### Etapes sources et étapes puits

**Etape source :**

 non reliée à une transition amont,

 ne peut être activée que par un ordre de forçage.

Une étape initiale sans transition amont est une étape source activée inconditionnellement à la mise sous tension du système.

##### Etape puit :

 non reliée à une transition aval,

 ne peut être désactivée que par un ordre de forçage.

*étape source*

*étape puit*

**6**

b

**7**

c

**8**

d

**9**

e

**10**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

##### Transitions sources et transitions puits

**Transition source :**

 non précédée d’une étape amont,

 par convention elle est toujours validée (pour la franchir

il suffit que la réceptivité soit vraie).

La réceptivité associée à une transition source est en général une réceptivité sur front, sinon l’étape suivante est activée en permanence quand la réceptivité est vraie.

##### Transition puit :

 non suivie d’une étape aval,

 les règles de franchissement s’appliquent à ce type de transition (lors du franchissement, l’étape précédente est désactivée, mais aucune autre étape n’est activée).

*transition source*



b

**7**

c

**8**

d

**9**

e

**Action E**

**Action D**

**Action C**

*transition puit*

#### Tâches ou Graphes auxiliaires

Le concept de tâche permet de décrire les systèmes de façon structurée, il correspond à la notion de **sous-programme**.

Lorsqu’une séquence se retrouve à **plusieurs endroits** dans un GRAFCET, on préfère utiliser une tâche pour la décrire, et faire appel à cette tâche chaque fois que cela est nécessaire.

En général, les appels et les compte-rendus de fin de sous-programme sont réalisés directement à l’aide des **variables d’étapes**.

Un sous-programme de ce type est dit **indépendant** car il exécute toujours la même

tâche quelle que soit l’étape d’appel.

Pour éviter tout **conflit d’accès**, il est important de gérer les conditions de réceptivités d’entrée et de sortie de la tâche.

##### 0

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

**2** *étape d’appel*

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  **CI**



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

**DCY**  **CI**



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

**DCY**  **CI**



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

**a**

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1



**0**

DCY  CI

**1**

**a**

**2**

X14

**3**

b

**4**

*étape d’appel*

X14

**5**

d  w

**Action D**

**Action B**

**Action A**

**10**



**X2** + X4

*étape d’appel*

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1



**0**

DCY  CI

**1**

**a**

**2**

X14

**3**

b

**4**

*étape d’appel*

X14

**5**

d  w

**Action D**

**Action B**

**Action A**

**10**



**X2** + X4

*étape d’appel*

**11**

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

**X2** + X4



**11**

**Action C**

##### c

**12**

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

**X2** + X4



##### 11

**Action C**

**c**

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

**X2** + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

**t/X12/3s**

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

**X2** + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

**t/X12/3s**

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

**X2** + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**

### **14** étape de retour

##### =1



**0**

DCY  CI

**1**

a

**2**

*étape d’appel*

**X14**

**3**

**Action B**

b

**4**

*étape d’appel*

**X14**

**5**

d  w

**Action D**

**Action A**

**10**



**X2** + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**

### **14** étape de retour

##### =1



**0**

DCY  CI

**1**

a

**2**

**X14**

b

**4**

*étape d’appel*

**X14**

**5**

d  w

**Action D**

**Action B**

**Action A**

**3**

**10**



X2 + X4

*étape d’appel*

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**

### **14** étape de retour

##### =1



**0**

DCY  CI

**1**

a

**2**

*étape d’appel*

X14

**3**

b

**4**

*étape d’appel*

X14

**5**

d  w

**Action D**

**Action B**

**Action A**

**10**



X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

**b**

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**

### **14** étape de retour

##### =1



**0**

DCY  CI

**1**

**Action A**

**2**

**3**

**4**

X14

**5**

d  w

**Action D**

e



**10**

**14**

a

*étape d’appel*

X14

**Action B**

**b**

*étape d’appel*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | X2 + **X4** | | |
|  |  |
| **11** | | |  | **Action C** |
|  |
|  |  | c | | |
|  |  |
| **12** | | |  | **Tempo 3s.** |
|  |
|  |  | t/X12/3s | | |
|  |  |
| **13** | | |  | **Action E** |
|  |
|  |  |  | | |
|  |  | | | |

### étape de retour

##### =1



**0**

DCY  CI

**1**

**Action A**

**2**

**3**

**4**

X14

**5**

d  w

**Action D**

**10**



X2 + **X4**

##### 11

a

*étape d’appel*

X14

**Action B**

b

*étape d’appel*

**Action C**

e

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | c | | |
|  |  |
| **12** | | |  | **Tempo 3s.** |
|  |
|  |  | t/X12/3s | | |
|  |  |
| **13** | | |  | **Action E** |
|  |
|  |  |  | | |
|  |  | | | |

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + **X4**



**11**

**Action C**

##### c

**12**

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + **X4**



##### 11

**Action C**

**c**

**12**

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + **X4**



##### 11

**Action C**

c

**12**

**Tempo 3s.**

##### t/X12/3s

**13**

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + **X4**



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

**t/X12/3s**

**13**

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + **X4**



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

**13**

**Action E**

**e**

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

##### X14

**3**

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

##### X14

**5**

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + **X4**

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI

##### 10

**1 Action A**

a

*étape d’appel*

**X14**

**Action B**

b

*étape d’appel*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | X2 + X4 | | |
|  |  |
| **11** | | |  | **Action C** |
|  |
|  |  | c | | |
|  |  |
| **12** | | |  | **Tempo 3s.** |
|  |
|  |  | t/X12/3s | | |
|  |  |
| **13** | | |  | **Action E** |
|  |
|  |  |  | | |
|  |  | | | |

##### 2

**3**

##### 4



**X14**

##### 5

**Action D**

d  w

**e**

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

d  w

##### 10

X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

**d**  w

##### 10

X2 + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  CI



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

**d**  **w**

##### 10

X2 + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  **CI**



##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

X14

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

X14

##### 5

**Action D**

**d**  **w**

##### 10

X2 + X4



##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

### **14** étape de retour

##### =1

**0**

DCY  **CI**

##### 1

**Action A**

a

**2** *étape d’appel*

# Transition source

X2 + X4

##### 11

**Action C**

e

##### 3

**Action B**

b

**4** *étape d’appel*

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

e



##### 5

**Action D**

d  w

# Transition puit

##### 0

**DCY**  **CI**

##### 1

**Action A**

a

**2** *étape d’appel*

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

**DCY**  **CI**

**1**

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

**1**

**Action A**

**a**

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w



**0**

DCY  CI

**1**

**a**

**2**

e

**3**

b

**4**

*étape d’appel*

e

**5**

d  w

**Action D**

**Action B**

**Action A**

# Activation de la tâche

*par des fronts montants*

**X2** + X4

*étape d’appel*

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



**0**

DCY  CI

**1**

**a**

**2**

e

**3**

b

**4**

*étape d’appel*

e

**5**

d  w

**Action D**

**Action B**

**Action A**

# Activation de la tâche

*par des fronts montants*

**X2** + X4



*étape d’appel*

**11**

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

**a**

**2** *étape d’appel*

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

**11**

**Action C**

c

##### 12



**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

**11**

**Action C**

##### c

**12**



**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11



**Action C**

**c**

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11



**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

**t/X12/3s**

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11



**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

**t/X12/3s**

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### étape d’appel

##### e

1. **Action B**

b

### étape d’appel

##### e

X2 + X4

##### 11



**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**



##### 5

d  w

# Attention : il ne faut pas que la variable e

*passe à 1 avant la fin du graphe auxiliaire sinon l’étape 3 est activée avant la fin du sous-programme.*

**Action D**

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

**2** *étape d’appel*

##### e

**3**

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

##### e

X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**



##### 5

d  w

# Attention : il faut que la variable e passe à 0

*avant l’activation de l’étape 4, sinon l’étape 5 est activée en même temps que le graphe auxiliaire*

**Action D**

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

**2** *étape d’appel*

e

**3**

**Action B**

**b**

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w



**0**

DCY  CI

**1**

**Action A**

**2**

**3**

**4**

e

**5**

d  w

**Action D**

X2 + **X4**

a

*étape d’appel*

e

**Action B**

**b**

*étape d’appel*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | | |
| **11** | | |  | **Action C** |
|  |
|  |  | c | | |
|  |  |
| **12** | | |  | **Tempo 3s.** |
|  |
|  |  | t/X12/3s | | |
|  |  |
| **13** | | |  | **Action E** |
|  |
|  |  |  | | |

e



**0**

DCY  CI

**1**

**Action A**

**2**

**3**

**4**

e

**5**

d  w

**Action D**

X2 + **X4**



##### 11

a

*étape d’appel*

e

**Action B**

**b**

*étape d’appel*

**Action C**

e

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | c | | |
|  |  |
| **12** | | |  | **Tempo 3s.** |
|  |
|  |  | t/X12/3s | | |
|  |  |
| **13** | | |  | **Action E** |
|  |
|  |  |  | | |

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

**b**

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

**11**

**Action C**

c

##### 12



**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

**11**

**Action C**

##### c

**12**



**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11



**Action C**

**c**

**12**

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11



**Action C**

c

**12**

**Tempo 3s.**

##### t/X12/3s

**13**

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11



**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

**t/X12/3s**

**13**

**Action E**

e



##### 5

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

##### e

**3**

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

##### e

X2 + X4

##### 11



**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

**13**

**Action E**

##### e



**5**

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

##### e

**3**

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

##### e

X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**



**5**

**Action D**

d  w

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

##### e

**3**

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

##### e

X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

**e**



**5**

**Action D**

**d**  **w**

##### 0

DCY  CI

##### 1

**Action A**

a

### **2** étape d’appel

e

##### 3

**Action B**

b

### **4** étape d’appel

e

X2 + X4

##### 11

**Action C**

c

##### 12

**Tempo 3s.**

t/X12/3s

##### 13

**Action E**

e

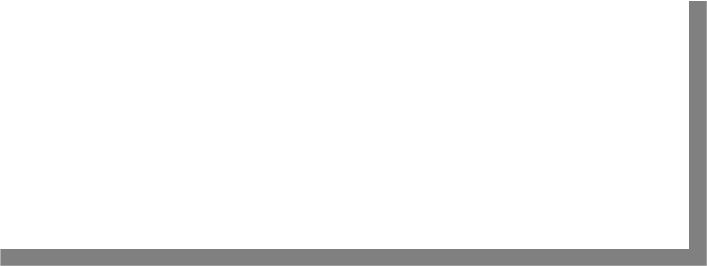


##### 5

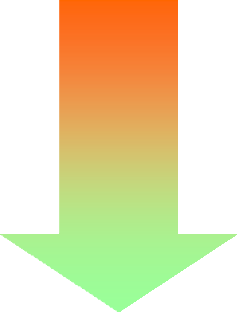
**Action D**

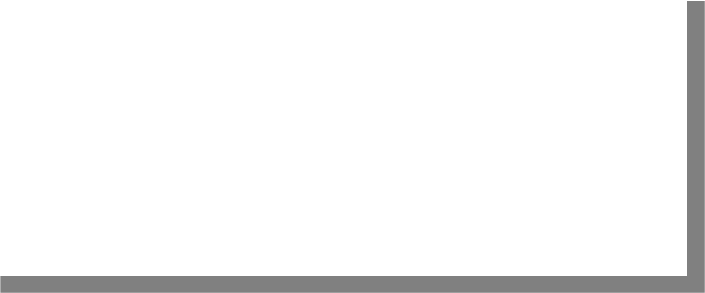
**d**  **w**

**Macro-étape**



GRAFCET initialement très étendu et complexe à lire

Les macro-étapes permettent de le structurer en plusieurs **GRAFCETs partiels**



GRAFCETs beaucoup plus compréhensibles

##### Définition de la macro-étape

Une macro-étape est une étape particulière qui se substitue à une étape du GRAFCET.

Elle correspond à la représentation unique d’un ensemble d’étapes et de transitions, détaillé dans la **macro-expansion** qui lui est associée.

Les macro-étapes et les étapes d’entrée et de sortie des macro-expansions n’ont pas d’action associée.

A chaque macro-étape correspond une macro-expansion et réciproquement. Si plusieurs cycles

identiques sont à représenter, autant de macro et d’expansion seront nécessaires.

##### Représentation de la macro-étape

Une macro-étape est symbolisée par deux double-barres horizontales dans le symbole d’étape. On la repère à l’aide d’un identificateur commençant par la lettre M.

La macro-expansion débute par une étape d’entrée, identifiée par la lettre E, et se termine par une étape de sortie, identifiée par la lettre S.

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

x

c

**M20**

**22**

y

d

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

**x**

c

**M20**

**22**

y

d

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

**x**

c

y

**M20**

**22**

d

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

**b**

**19**

**21**

x

c

y

**M20**

**22**

d

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

**b**

**19**

x

c

y

**M20**

**22**

d

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**21**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

x

**c**

y

**M20**

**22**

d

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

**21**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

x

**c**

y

**M20**

**22**

d

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

x

c

y

**M20**

**22**

**d**

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

x

c

y

**M20**

**22**

**d**

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

x

c

**y**

**M20**

**22**

d

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

x

c

**y**

**M20**

**22**

d

**28**

**27**

**e**

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

x

c

**y**

**M20**

**22**

d

**28**

**27**

**e**

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

Tout franchissement de la transition amont d’une macro-étape active l’étape d’entrée

(E) de sa macro-expansion.

Une macro-étape est dite active si au moins une étape de sa macro-expansion est active.

La transition suivant une macro-étape n’est validée que lorsque l’étape de sortie (S) de la macro-expansion associée est active.

# étape d’entrée

*étape de sortie*



**E20**

b

**19**

**21**

x

c

**y**

**M20**

**22**

d

**28**

**27**

e

**S20**

**Action E**

**Action D**

**Action C**

#### Le sémaphore d’exclusion mutuelle

Le sémaphore d’exclusion mutuelle permet de rendre deux activités **réellement séquentielles**.

Il peut être utilisé pour **empêcher l’exécution simultanée** de deux activités qui ne doivent en aucun cas être parallèles.

Exemples : un chariot ne peut pas aller dans deux directions en même temps,

une perceuse ne peut percer qu’une seule pièce à la fois.

Le chariot et la perceuse sont appelés **ressources critiques** car elles ne peuvent pas participer à plusieurs activités à la fois.

Par contre, l’ordre d’exécution des activités importe peu. C’est la première activité sollicitée qui sera exécutée la première si la ressource est libre. L’autre devra attendre que cette ressource critique se libère pour continuer.

##### Exemple d’utilisation du sémaphore d’exclusion mutuelle

**G1 D1**

**c1**



**G2**

**D2**

**a1**

**b**

**V**

**H2**

**H1**

**m1**

**c2**

**m2**

**a2**

##### Le système se compose de :

* 2 chariots automatiques H1 et H2
* 1 aiguillage monostable V (position repos sur le trajet c2-b)
* 2 boutons de mise en route m1 et m2
* 2 capteurs de présences chariots aux postes de chargement c1 et c2
* 1 capteur de présence chariot au poste de déchargement b
* 2 capteurs de commande de l’aiguillage a1 et a2

**G1 D1**

**c1 **



**G2**

**D2**

**a1**

**b**

**V**

**H2**

**H1**

**m1**

**c2**

**m2**

**a2**

##### Description du fonctionnement :

* Lorsqu’on appuie sur le bouton m1, le chariot H1 quitte le poste de chargement 1 (ordre D1).
* Lorsqu’on appuie sur le bouton m2, le chariot H2 quitte le poste de chargement 2 (ordre D2).
* Quand H1 arrive en a1, si la voie est libre, on commande l’aiguillage (ordre V) et H1 se rend en b (ordre D1). Si la voie est occupée, H1 s’arrête en a1 et attend que la voie se libère.
* Quand H1 arrive en b, il attend d’être vidé (attente de 100 sec.).
* Quand les 100 sec. sont écoulées, H1 repart vers c1 (ordre G1).
* Quand H1 arrive en a1, l’ordre V de l ’aiguillage est arrêté, et la voie est libérée pour le chariot H2.
* Le fonctionnement du chariot H2 est identique à H1 mais avec les ordres D2 et G2. De plus, il est inutile de commander l’aiguillage, car en absence d’ordre, il est bien positionné.

##### GRAFCET Chariot H1 seul GRAFCET Chariot H2 seul

10



m1  c1

11

D1

a1

12

V

D1

b

13

V

t/X13/100sec

20

m2  c2



21

D2

a2

22

D2

b

23

t/X23/100sec

14 24

V

G1

G2

a1 a2

15 *Il faut bloquer le* 25

G1

G2

# c1 chariot H2 tant que le c2

*chariot H1 est dans la voie commune*



10

m1  c1

11

D1

a1

12

V

D1

b

13

V

t/X13/100sec

14

V

G1

a1

15

G1

c1

20

21

16 22

23

24

25

26

m2  c2

D2

a2

# étape d’attente

=1

D2

b

t/X24/100sec

G2

a2

G2

c2



10

m1  c1

11

D1

a1

12

V

D1

b

13

V

t/X13/100sec

14

V

G1

a1

15

G1

c1

16

# Il faut bloquer le chariot H1 tant que le chariot H2 est dans la voie commune

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

=1

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  c1

11

a1

12 27

*Ce GRAFCET ne fonctionne pas car les étapes 17 et 27 ne sont pas actives lors du premier cycle !!!*

17

D1

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

=1

13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

=1

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2



16 G1 26

G2

c1 c2

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

=1



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

=1

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

**c1 **



**a1**

**H1**

**m1**

 **b**



**H2**

**c2**

**m2**

**a2**

Les chariots H1 et H2 sont en position de chargement (c1 et c2 sont à 1).

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

**c1 **



**a1**

**H1**

**m1**

 **b**



**H2**

**c2**

**m2**

**a2**

L’opérateur de la voie 1 appuie sur le bouton m1 pour faire partir le chariot H1 (m1 passe à 1).

# étape d’attente

10

**m1**  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

# étape d’attente

10

**m1**  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

**D1**

**c1 **



**a1**

**H1**

**m1**

 **b**



**H2**

**c2**

**m2**

**a2**

Le chariot H1 reçoit l’ordre d’avancer vers la droite (c1 passe à 0). L’opérateur a relâché le bouton (m1 passe à 0)

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

**D1**

**c1 **



**a1**

**V**

**H2**

**H1**

**m1**

 **b**

**c2**

**m2**

**a2**

Le chariot H1 arrive au niveau de l’aiguillage (a1 passe à 1).

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

**a1**

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

**a1**

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

**a1**

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

**a1**

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

**c1 **



**a1**

**H1**

**m1**

 **b**



**H2**

**c2**

**m2**

**a2**

Le chariot H1 s’arrête au niveau de l’aiguillage en attendant que la voie commune soit libre.

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

**a1**

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

**a1**

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

**a1**

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | D1 | V |
|  |

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

**a1**

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

**c1 **



**a1**

**V**

**m1**

**b**

**c2**



**H2**

**m2**

**a2**

La voie commune est libre.

Le chariot H1 repart aussitôt vers la droite (a1 passe à 0), et l’aiguillage se positionne sur la voie 1.

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | D1 | V |
|  |

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

**c1 ** **D1**

**m1**



**a1**

**V**

**H1**

**b**

**c2**



**H2**

**m2**

**a2**

Le chariot H1 arrive au poste de déchargement (b passe à 1)

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | D1 | V |
|  |

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

**c1 **

**m1**



**a1**

**V**

**H1**

**b**

**c2**



**H2**

**m2**

**a2**

Le chariot H1 s’arrête au poste de déchargement et déclenche la temporisation de 100 sec. L’aiguillage reste positionné sur la voie 1.

L’opérateur de la voie 2 appuie ensuite sur le bouton m2 pour faire partir le chariot H2

(m2 passe à 1).

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

**m2**  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

**m2**  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

**c1 **

**m1**



**D2**

**a1**

**V**

**H1**

**b**



**H2**

**c2 **

**m2**

**a2**

Le chariot H2 reçoit l’ordre d’avancer vers la droite (c2 passe à 0). L’opérateur a relâché le bouton (m2 passe à 0)

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

**c1 **

**m1**



**D2 a1**

**V**

**H1**

**b**

**c2 **



**H2**

**m2**

**a2**

Le chariot H1 attend la fin de la temporisation pour repartir.

Le chariot H2 arrive au niveau de l’aiguillage (a2 passe à 1).

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

**c1 **

**m1**



**a1**

**V**

**H1**

**b**

**c2 **



**H2**

**m2**

**a2**

Le chariot H2 s’arrête au niveau de l’aiguillage en attendant que la voie commune soit libre.

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

**t/X14/100sec**

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

**t/X14/100sec**

15

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | G1 | V |
|  |

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

**c1 ** **G1**



**a1**

**V**

**H1**

**m1**

**b**

**c2 **



**H2**

**m2**

**a2**

La temporisation est terminée, le chariot H1 reçoit l’ordre de partir à gauche (b passe à 0).

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | G1 | V |
|  |

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

**G1**

**c1 **



**a1**

**V**

**H1**

**m1**

**b**

**c2 **



**H2**

**m2**

**a2**

Le chariot H1 passe l’aiguillage (a1 passe à 1).

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

**a1**

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | G1 | V |
|  |

**a1**

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

**a1**

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

**a1**

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

**G1**

**c1 **



**a1**

**H1**

**m1**

 **b**



**H2**

**c2 **

**m2**

**a2**

Le chariot H1 continu d’avancer vers la gauche, et libère la voie commune. L’aiguillage repasse sur la voie 2 (arrêt de l’ordre V).

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

**a1**

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

**a1**

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

**a1**

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

**a1**

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

**G1**

**c1 **



**a1**

**H1**

**m1**

 **b**

**c2 **

**m2**

**a2**

Le chariot H1 continu d’avancer vers la gauche.

Le chariot H2 reçoit l’ordre d’avancer vers la droite (a2 passe à 0).

# étape d’attente

10

m1  c1

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

**G1**

**c1 ** **D2**



**H1**

**a1**

**m1**



**H2**

**b**

**c2 **

**m2**

**a2**

Le chariot H1 arrive sur son poste de chargement (c1 passe à 1).

Le chariot H2 continu d’avancer vers la droite.

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

**c1 **



**D2**

**a1**

**H2**

**H1**

**m1**

**b**

**c2 **

**m2**

**a2**

Le chariot H1 s’arrête et attend un nouvel appui sur le bouton m1 pour repartir. Le chariot H2 arrive ensuite sur le poste de déchargement (b passe à 1).

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

**b**

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

**c1 **



**a1**

**H2**

**H1**

**m1**

**b**

**c2 **

**m2**

**a2**

Le chariot H2 s’arrête au poste de déchargement et déclenche la temporisation de 100 sec.

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

**b**

24

**t/X24/100sec**

25

G2

a2

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

**b**

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

**b**

24

**t/X24/100sec**

25

G2

a2

26

G2

c2

**c1 **



**G2**

**a1**

**H2**

**H1**

**m1**

**b**

**c2 **

**m2**

**a2**

La temporisation est terminée, le chariot H2 reçoit l’ordre de partir à gauche (b passe à 0).

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

**c1 **



**a1**

**H1**

**m1**

**b**

**c2 **

**m2**

**a2**

Le chariot H2 passe l’aiguillage (a2 passe à 1).

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

**a2**

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

**a2**

26

G2

c2

**c1 **



**G2**

**a1**

**H2**

**H1**

**m1**

**b**

**c2 **

**m2**

**a2**

Le chariot H2 continu d’avancer vers la gauche, et libère la voie commune.

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

**c1 **



**G2**

**a1**

**H2**

**H1**

**m1**

**b**

**c2**

**m2**

**a2**

Le chariot H2 arrive sur son poste de chargement (c2 passe à 1).

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

# étape d’attente

10

m1  **c1**

11

D1

a1

12

# Sémaphore d’exclusion mutuelle

30

20

m2  **c2**

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

**c1**

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

**c2**

**c1 **



**a1**

**H1**

**m1**

 **b**



**H2**

**c2**

**m2**

**a2**

Le chariot H2 s’arrête et attend un nouvel appui sur le bouton m2 pour repartir.

# étape d’attente

10

m1  c1

11

a1

12

*Problème : que se passe t-il si les deux chariots arrivent en même temps au niveau de l’aiguillage ?*

30

D1

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

**=1**

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

# étape d’attente

10

m1  c1

11

a1

12

*Il faut donner la priorité*

*à une des deux voies*

D1

30

20

m2  c2

21

D2

a2

# étape

22

# d’attente

**=1**



13

V

D1

b

14

V

t/X14/100sec

15

V

G1

a1

16

G1

c1

X12

23

D2

b

24

t/X24/100sec

25

G2

a2

26

G2

c2

**Cas général**

# étape

*étape*



30

12

22

r1

13

23

15

25

16

26

# d’attente d’attente

r2

##### A1 A2

Comme les deux activités A1 et A2 ne doivent pas être exécutées en même temps, les deux réceptivités r1 et r2 doivent être mutuellement exclusives. On peut donner la priorité d’accès à la ressource à l’activité la plus à gauche en choisissant :

r1 = 1

r2 = X12

Structure plus complexe permettant de mettre en exclusion mutuelle plusieurs activités :

rn



30

12

22

32

r1

r2

13

23

33

**A2**

15

25

35

16

26

36

**A1 An**

Une seule des réceptivités r1, r2, …, rn doit être vraie à la fois.

On peut donner la priorité d’accès à la ressource à l’activité la plus à gauche en choisissant :

r1 = 1

r2 = X12

r3 = X22  X12

rn = Xn-1  …  X12



20

m2  **c2**

21

a2

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

*voie libre*



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  **c2**

21

a2

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

**m1**  **c1**

11

a1

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  **c2**

21

a2

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

**m1**  **c1**

11

a1

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  **c2**

21

a2

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  **c2**

21

a2

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

**a1**

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

**a1**

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  **c2**

21

a2

22

**X30**  X12

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

**a1**

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

**a1**

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  **c2**

21

a2

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

**a1**

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

**a1**

16

c1

G1

V

G1

V

D1

### voie libre



30

31

**X13** + X23

### voie occupée

X16 + X26

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | D1 | V |
|  |



20

m2  **c2**

21

a2

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

**a1**

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

**a1**

16

c1

G1

V

G1

V

D1

### voie libre



30

31

**X13** + X23

### voie occupée

X16 + X26

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | D1 | V |
|  |



20

m2  **c2**

21

a2

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

D1

### voie libre



30

31

**X13** + X23

### voie occupée

X16 + X26

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | D1 | V |
|  |



20

m2  **c2**

21

a2

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

**b**

14

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

D1

### voie libre



30

31

**X13** + X23

### voie occupée

X16 + X26

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | D1 | V |
|  |



20

m2  **c2**

21

a2

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

**b**

14

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

**m2**  **c2**

21

a2

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

**b**

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

**m2**  **c2**

a2

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2

21



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

**b**

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

14

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

a2

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2

21



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

**b**

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

14

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

**a2**

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2

21



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

**b**

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

14

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

**a2**

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

**b**

14

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26

*La voie commune est occupée, le chariot H2 attend.*



20

m2  c2

21

**a2**

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

**b**

14

**t/X14/100sec**

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

**a2**

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

**b**

14

**t/X14/100sec**

15

a1

16

c1

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | G1 | V |
|  |



20

m2  c2

21

**a2**

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | G1 | V |
|  |



20

m2  c2

21

**a2**

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

**a1**

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

**a1**

16

c1

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | G1 | V |
|  |



20

m2  c2

21

**a2**

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

**a1**

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

**a1**

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

**X16** + X26



20

m2  c2

21

**a2**

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

**a1**

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

**a1**

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

**a2**

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + **X23**

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

**a2**

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + **X23**

### voie occupée

X16 + X26

# Sans le front montant X16 activerait X30 alors que la voie

*commune est occupée par le chariot H2*



20

m2  c2

21

a2

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  c1

11

a1

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

c1

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + **X23**

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

a2

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + **X23**

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

a2

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + **X23**

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

a2

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

X30

13

**b**

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + **X23**

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

a2

22

X30  **X12**

23

**b**

24

t/X24/100sec

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

X30

13

**b**

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

a2

22

X30  **X12**

23

**b**

24

**t/X24/100sec**

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

X30

13

**b**

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

a2

22

X30  **X12**

23

**b**

24

**t/X24/100sec**

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

X30

13

**b**

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

a2

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

**a2**

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

**a2**

22

X30  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

X30

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + **X26**



20

m2  c2

21

**a2**

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

**a2**

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  c2

21

a2

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

c2

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  **c2**

21

a2

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26



20

m2  **c2**

21

a2

22

**X30**  **X12**

23

b

24

t/X24/100sec

25

a2

26

**c2**

G2

G2

D2

D2



10

m1  **c1**

11

a1

12

**X30**

13

b

14

t/X14/100sec

15

a1

16

**c1**

G1

V

G1

V

V

D1

D1

### voie libre



30

31

X13 + X23

### voie occupée

X16 + X26

**GRAFCET DE SECURITE : GS**

**GRAFCET DE CONDUITE : GC**

10 F/GPN:( ) )



1

au

2

F/GC:(10)

**au**  acq\_au

Alarme



F/GREI:(

**GS(X1)**  **ci**

11 F/GPN:(40)

bp\_dcy

*lancement GRAFECT de*

12 *PRODUCTION NORMALE*

GPN(X73)

**GS(X1)**  ci

13

Voyant machine non prête

bp\_init + GREI(X20)

*lancement GRAFECT de*

14 *REMISE EN ETAT INITIAL*

GREI(X38)

**GRAFCET DE REMISE EN ETAT INITIAL : GREI GRAFCET DE PRODUCTION NORMALE : GPN**

20



GC(X14)

40

GC(X12)



29 56

*étape de compte*

38 *rendu d’exécution*

**GC(X14)**

*étape de compte*

73 *rendu d’exécution*

**GC(X12)**