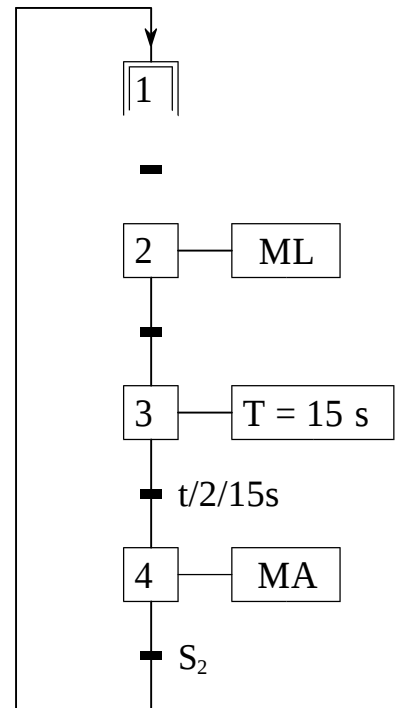


## Introduction

Le modèle de description Grafcet est l'outil privilégié de description du fonctionnement des systèmes automatisés séquentiels. Il permet, à partir de l'énoncé d'un cahier des charges, de décrire successivement le comportement de la partie opérative et le comportement de la partie commande.

GRAFCET :

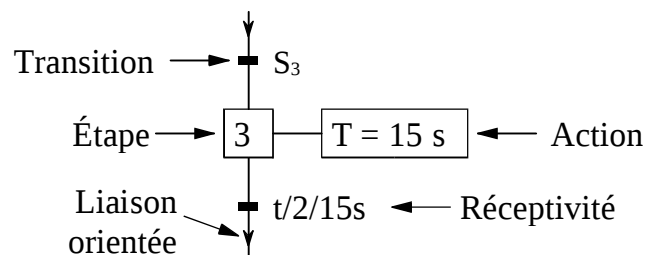
**GRA**phe Fonctio**nn**el de Co**mm**ande Éta**pe** Tra**nsi**tion



## Éléments graphiques de base

Le Grafcet est défini par un ensemble constitué :

- § d'éléments graphiques de base : *ETAPES*,  
*TRANSITIONS*, *LIAISONS ORIENTEES*,
- § d'*ACTIONS* associées aux *ETAPES*,
- § de *RECEPTIVITES* associées aux *TRANSITIONS*,
- § de règles d'évolution définissant le comportement de la partie commande.



## Règles de syntaxe

L'alternance étape-transition et transition-étape doit toujours être respectée quelle que soit la séquence parcourue.

Deux étapes ou deux transitions ne doivent jamais être reliées par une liaison orientée.

La liaison orientée relie obligatoirement une étape à une transition ou une transition à une étape.

## Règles d'évolution du Grafcet

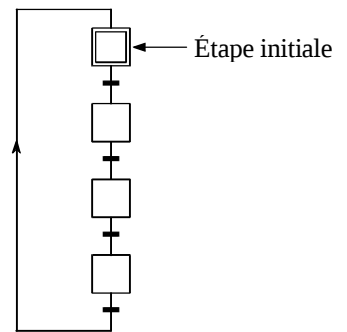
Les règles d'évolution précisent les conditions dans lesquelles le Grafcet évolue, c'est à dire les conditions dans lesquelles les étapes sont actives ou inactives.

### 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, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs.

Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement et traduit généralement un comportement de repos.

L'étape initiale est repérée sur le Grafcet en doublant les côtés du symbole.



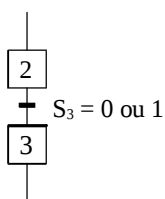
### Règle 2 : Franchissement d'une transition.

Le franchissement d'une transition ne peut se produire que lorsque :

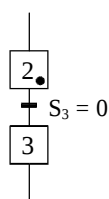
- § la transition est validée ;
- § la réceptivité associée à cette transition est vraie.

Lorsque ces deux conditions sont réunies, la transition devient franchissable et est alors obligatoirement franchie.

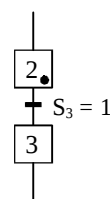
Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives.



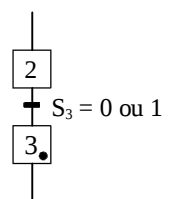
**Transition non validée**  
La transition 2/3 est non validée car l'étape 2 est inactive.



**Transition validée**  
La transition 2/3 est validée (étape 2 active) mais elle n'est pas franchissable ( $S_3 = 0$ ).



**Transition franchissable**  
La transition est validée. La réceptivité est vraie ( $S_3 = 0$ ) la transition devient franchissable et est obligatoirement franchie.

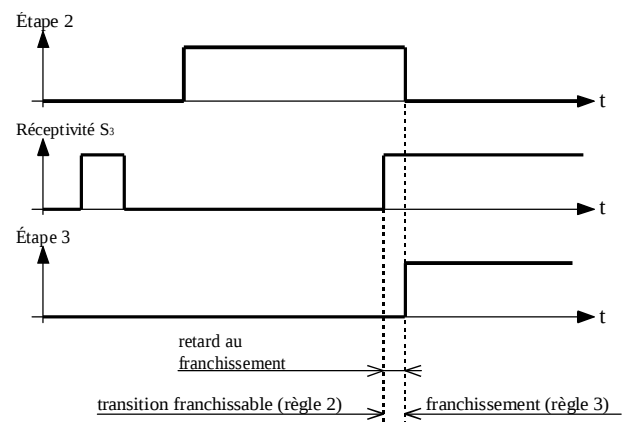


**Transition franchie**  
Le franchissement de la transition entraîne l'activation de l'étape 3 et la désactivation de l'étape 2.

## Règle 3 : Évolution des étapes actives.

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément :

- § l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes,
- § la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.



## Le grafcet : structures graphiques de bases

Le Grafcet se traduit par un enchaînement d'étapes séparées chacune par une transition. Suivant le cycle du processus de production cet enchaînement peut être différent et présenter plusieurs types d'organisations ou de structures, tels que :

- § une seule séquence *structure linéaire*,
- § un choix d'une séquence, parmi deux séquences *structure alternative*, ou parmi plusieurs séquences *structure sélection de séquence*,
- § un déroulement simultané de deux ou plusieurs séquences *structure parallèle*,
- § une répétition totale ou partielle d'une séquence *structure répétitive*.

### 1. Structure linéaire ou séquence

Un Grafcet est à structure linéaire lorsqu'il s'écrit avec une seule séquence dans laquelle les actions associées aux étapes s'exécutent successivement, toujours dans le même ordre.

Exemple : Grafcet de la commande de barrière d'un parking

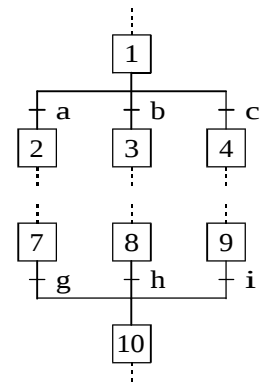
### 2. Structure alternative ou choix de séquence

Dans un Grafcet une structure alternative offre à l'enchaînement des actions associées aux étapes plusieurs issues possibles s'excluant mutuellement.

## Le GRAFCET

### Ø Divergence en OU

C'est l'entrée dans une structure de sélection qui permet l'évolution d'une étape vers une autre étape suivant le choix indiqué par les réceptivités associées aux transitions. La divergence en OU est réservée à l'évolution d'une séquence vers une seule autre séquence. Dans ces conditions, les réceptivités associées aux transitions de la divergence en OU doivent être exclusives (une seule réceptivité vraie simultanément).



### Ø Convergence en OU

C'est la sortie de la "structure en OU" précédente qui permet l'évolution depuis plusieurs étapes vers une seule étape.

### Ø Saut de séquence

Le saut de séquence permet de faire ou de sauter une séquence suivant une condition donnée. C'est un cas particulier de la "structure en OU".

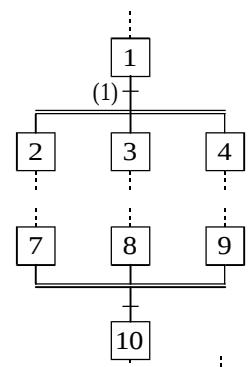
## 3. Structure parallèle ou déroulement simultané

Un Grafcet présente une structure parallèle lorsque plusieurs traitements évoluent simultanément et indépendamment les uns des autres.

### Ø Divergence en ET

C'est l'entrée d'une structure qui permet l'évolution d'une étape vers plusieurs étapes simultanément.

Sur la figure ci-contre, on constate que le franchissement de la transition (1) permet l'activation de toutes les étapes situées immédiatement en aval de la transition.



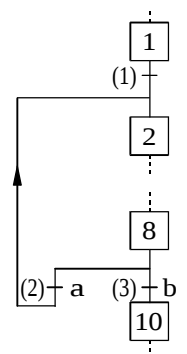
### Ø Convergence en ET

C'est la sortie de la "structure en ET" précédente qui permet l'évolution depuis plusieurs étapes vers une seule étape.

## 4. Structure répétitive ou reprise de séquence

Un Grafcet présente une structure répétitive ou itérative lorsqu'une partie du traitement est répétée. La reprise de séquence permet de reprendre plusieurs fois une séquence dans un grafcet suivant une condition donnée.

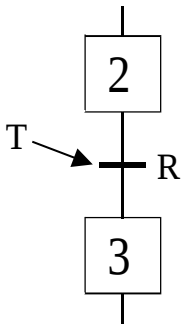
Sur la figure ci-contre, on constate que les transitions (2) et (3) étant validées, la séquence composée des étapes 2 à 8 est reprise si la réceptivité "a" est vraie /"b" est fausse/. La séquence suivante est réalisée si la réceptivité "b" est vraie /"a" est fausse/.



## Le GRAFCET

### Exercice 1

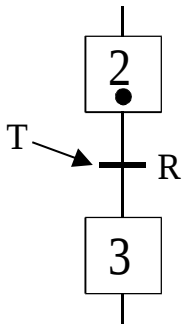
Etape 1 : La réceptivité "R" associée à la transition "T" est dans un état indéterminée.



| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 2     |        |            |
| 3     |        |            |

| Transition | Validée | Non validée | Franchissable | Non franchissable |
|------------|---------|-------------|---------------|-------------------|
| T          |         |             |               |                   |

Etape 2 : La réceptivité "R" associée à la transition "T" est fausse.

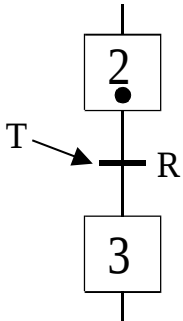


| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 2     |        |            |
| 3     |        |            |

| Transition | Validée | Non validée | Franchissable | Non franchissable |
|------------|---------|-------------|---------------|-------------------|
| T          |         |             |               |                   |

La transition T est \_\_\_\_\_

Etape 3 : La réceptivité "R" associée à la transition "T" est vraie.

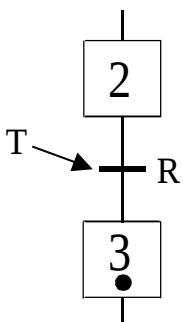


| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 2     |        |            |
| 3     |        |            |

| Transition | Validée | Non validée | Franchissable | Non franchissable |
|------------|---------|-------------|---------------|-------------------|
| T          |         |             |               |                   |

La transition T est \_\_\_\_\_  
Simultanément \_\_\_\_\_

Etape 4 : La réceptivité "R" associée à la transition "T" est vraie.



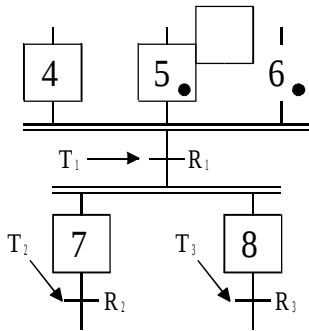
| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 2     |        |            |
| 3     |        |            |

| Transition | Validée | Non validée | Franchissable | Non franchissable |
|------------|---------|-------------|---------------|-------------------|
| T          |         |             |               |                   |

## Le GRAFCET

### Exercice 2

Etape 1 : La réceptivité "R<sub>1</sub>" associé à la transition "T<sub>1</sub>" est dans un état indéterminée.

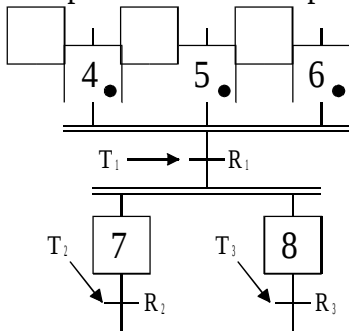


| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 4     |        |            |
| 5     |        |            |
| 6     |        |            |

| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 7     |        |            |
| 8     |        |            |

| Transition | Validée | Non validée | Franchissable | Non franchissable |
|------------|---------|-------------|---------------|-------------------|
| 1          |         |             |               |                   |
| 2          |         |             |               |                   |
| 3          |         |             |               |                   |

Etape 2 : La réceptivité "R<sub>1</sub>" associé à la transition "T<sub>1</sub>" est fausse.

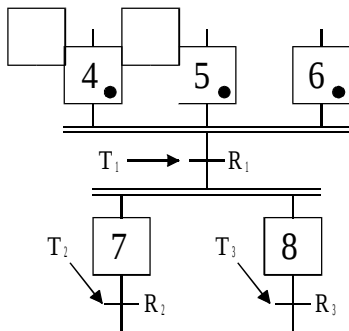


| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 4     |        |            |
| 5     |        |            |
| 6     |        |            |

| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 7     |        |            |
| 8     |        |            |

| Transition | Validée | Non validée | Franchissable | Non franchissable |
|------------|---------|-------------|---------------|-------------------|
| 1          |         |             |               |                   |
| 2          |         |             |               |                   |
| 3          |         |             |               |                   |

Etape 3 : La réceptivité "R<sub>1</sub>" associé à la transition "T<sub>1</sub>" est vraie.



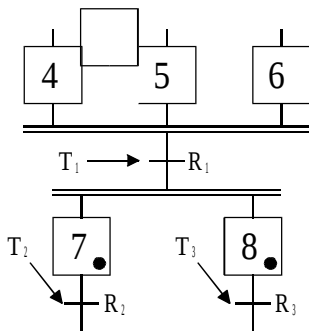
| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 4     |        |            |
| 5     |        |            |
| 6     |        |            |

| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 7     |        |            |
| 8     |        |            |

| Transition | Validée | Non validée | Franchissable | Non franchissable |
|------------|---------|-------------|---------------|-------------------|
| 1          |         |             |               |                   |
| 2          |         |             |               |                   |
| 3          |         |             |               |                   |

La transition T<sub>1</sub> est \_\_\_\_\_

Etape 4 : La réceptivité "R<sub>1</sub>" associé à la transition "T<sub>1</sub>" est fausse.



| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 4     |        |            |
| 5     |        |            |
| 6     |        |            |

| Etape | Active | Non active |
|-------|--------|------------|
| 7     |        |            |
| 8     |        |            |

| Transition | Validée | Non validée | Franchissable | Non franchissable |
|------------|---------|-------------|---------------|-------------------|
| 1          |         |             |               |                   |
| 2          |         |             |               |                   |
| 3          |         |             |               |                   |

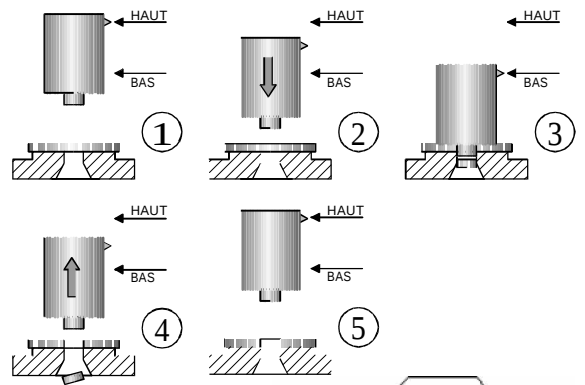
## Le GRAFCET

### Exercice 3

Une poinçonneuse est une machine-outil destinée à perforer une pièce en tôle par frappe. La **commande** est généralement réalisée par un vérin pneumatique (utilisant de l'air comprimé) et le **contrôle** des mouvements à l'aide de contacts fixes actionnés par un bossage placé sur la partie mobile de la machine.

**Concevoir** le grafcet permettant de réaliser les étapes de fonctionnement données ci-contre.

La mise en marche est réalisée grâce à un bouton "Marche" et le poinçon subit les actions "Monter" et "Descendre".



### Exercice 4

La broche d'une unité de perçage tourne en permanence.

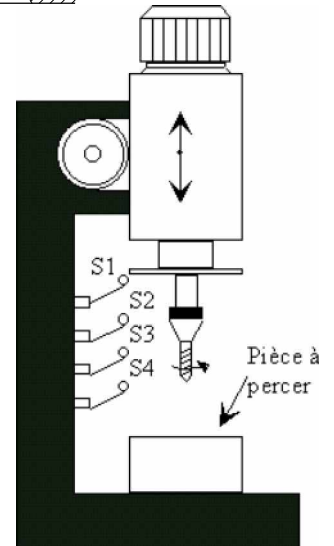
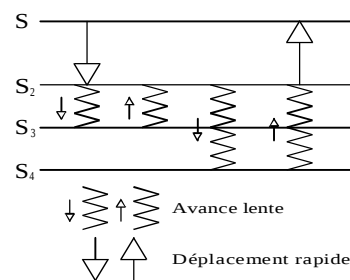
L'opérateur, ayant fixé la pièce, donne alors l'information de départ de cycle (Dcy).

Après une approche à grande vitesse, le perçage s'effectue à petite vitesse jusqu'à mi-profondeur.

La broche remonte alors à petite vitesse (débouillage), puis redescend à petite vitesse pour terminer le perçage.

Lorsque le perçage est terminé la broche remonte en position haute, d'abord à petite vitesse pour sortir de la pièce, puis à grande vitesse.

**Donner** le grafcet correspondant au cycle décrit.



### Exercice 5 - Aiguillage

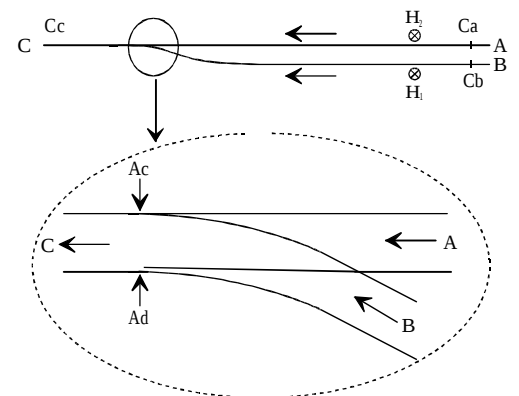
#### Fonctionnement

Lorsqu'un train passe au capteur Ca un feu rouge H<sub>1</sub> s'allume sur la voie B pour interdire l'arrivée d'un train venant de B.

Lorsqu'un train passe au capteur Cb un feu rouge H<sub>2</sub> s'allume sur la voie A pour interdire l'arrivée d'un train venant de A.

La position initiale de l'aiguillage est Ad

Les trains venant de la voie A sont prioritaires en cas d'arrivée simultanée sur les deux voies.



**Donner** le grafcet de l'aiguillage.

#### Capteurs

Cc : détection du passage du dernier wagon.

Ca : détection du passage du premier wagon sur la ligne A.

Cb : détection du passage du premier wagon sur la ligne B.

Ac : l'aiguillage est en courbe, les trains circulent de B vers C.

Ad : l'aiguillage est droit, les trains circulent de A vers C.

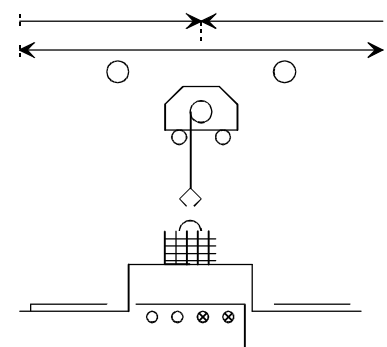
### Exercice 6 - Chariot élévateur

#### Fonctionnement

Un chariot équipé d'un treuil de levage permet de déplacer des caisses en un point B ou C depuis un point A (figure 3).

L'action sur le bouton poussoir S<sub>1</sub> provoque le cycle 1. L'action sur le bouton poussoir S<sub>2</sub> provoque le cycle 2.

Attention, un cycle ne commence que si le chariot se trouve en position initiale (A)



## Le GRAFCET

### Sécurité

Si par erreur l'opérateur actionne simultanément  $S_1$  et  $S_2$ , ceci ne devra avoir aucun effet sur le système.

### Signalisation

Le voyant  $H_1$  signale à l'opérateur le déplacement du chariot suivant le cycle 1,  $H_2$  suivant le cycle 2.

**Donner** le grafcet correspondant aux cycles décrits.

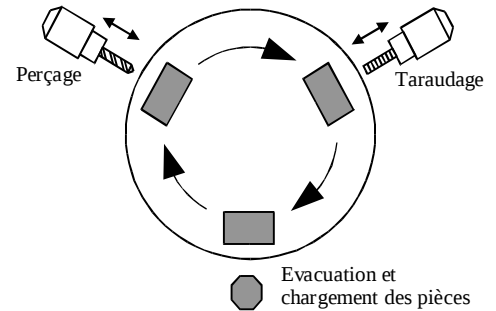
### Exercice 7

Une machine spéciale permet de percer et de tarauder des pièces, elle comporte un plateau pivotant sur lequel sont fixées les pièces et trois postes de travail :

- poste 1, chargement et déchargement,
- poste 2, perçage,
- poste 3, taraudage.

Le taraudage est l'opération qui permet de réaliser un filetage.

Lorsque les pièces reviennent au poste 1, elles sont évacuées et le cycle s'arrête ou continue selon le mode de marche sélectionné.



#### Perçages

Capteurs : position de travail (ptp)  
position basse (pbp)  
position haute (php)  
Actions : descendre rapidement  
descendre lentement  
remonter rapidement  
rotation broche

#### Taraudages

Capteurs : position de travail (ptt)  
position basse (pbt)  
position haute (pht)  
Actions : Descendre rapidement  
Tarauder  
Dégager le taraud  
Remonter rapidement

#### Plateau

Capteur : Fin de rotation  
Action : Faire une rotation 1/3 de tour  
Commandes : Cycle par cycle  
Marche continue  
Départ cycle

#### Chargement

Actions : Evacuer la pièce  
Charger la pièce

Capteurs : Pièce évacuée  
Pièce en place

La position de travail pour le perçage et le taraudage correspond à une position à 1 mm au dessus de la pièce. Le déplacement rapide se termine sur cette position de travail, le perçage peut commencer.

**Donner** le grafcet correspondant aux cycles décrits.

### Exercice 8

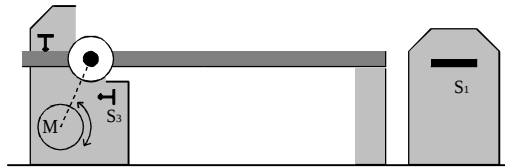
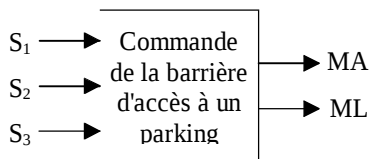
On met en place sur le système de l'exercice 7 un capteur (présence pièce perçage : ppp) sur le poste de perçage et un capteur (présence pièce taraudage : ppt) sur le poste de taraudage. Ces deux capteurs détectent la présence éventuelle d'une pièce.

Ainsi s'il n'y a pas de pièce sur l'un des postes, ou sur les deux, les opérations liées au poste en question ne sont pas effectuées.

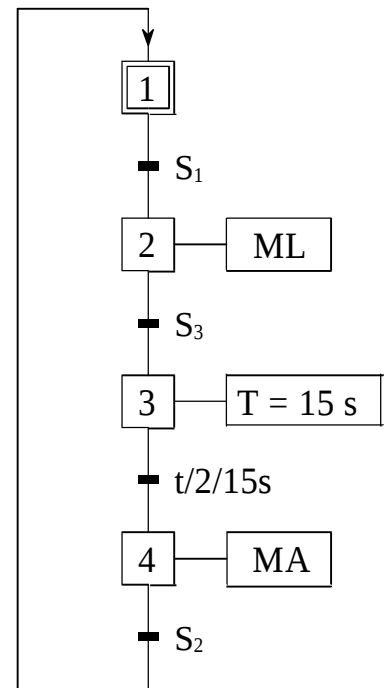
**Modifier** le grafcet de l'exercice 7.

## Le GRAFCET

### Exercice 9



| Informations                       | Ordres et actions                                | Information générée par la partie commande                           |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| $S_1$ : demande d'ouverture        | ML : lever                                       | $t/2/15s$ : fin de la temporisation de 15 s déclenchée par l'étape 2 |
| $S_2$ : barrière en position basse | $T = 15s$ : déclencher une temporisation de 15 s |                                                                      |
| $S_3$ : barrière en position haute | MA : abaisser                                    |                                                                      |

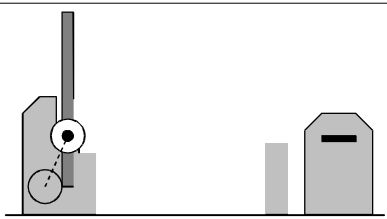
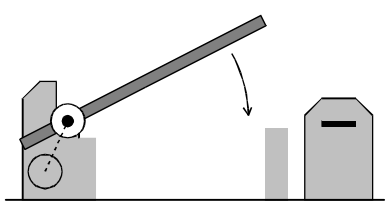
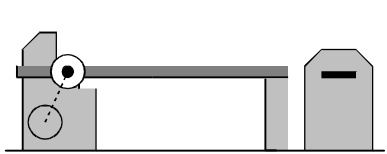


### Travail demandé

Compléter le tableau ci-dessous :

|                                           |  |                                                                            |                                                            |                              |
|-------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Étape initiale                            |  | $X_1 =$<br>$X_4 =$<br>$S_3 =$<br>$t/2/15s =$<br>$T_{1/2} :$<br>$T_{3/4} :$ | $X_2 =$<br>$S_1 =$<br>$ML =$<br>$T_{2/3} :$<br>$T_{4/1} :$ | $X_3 =$<br>$S_2 =$<br>$MA =$ |
| Un accès demandé                          |  | $X_1 =$<br>$X_4 =$<br>$S_3 =$<br>$t/2/15s =$<br>$T_{1/2} :$<br>$T_{3/4} :$ | $X_2 =$<br>$S_1 =$<br>$ML =$<br>$T_{2/3} :$<br>$T_{4/1} :$ | $X_3 =$<br>$S_2 =$<br>$MA =$ |
| Ouverture de la barrière                  |  | $X_1 =$<br>$X_4 =$<br>$S_3 =$<br>$t/2/15s =$<br>$T_{1/2} :$<br>$T_{3/4} :$ | $X_2 =$<br>$S_1 =$<br>$ML =$<br>$T_{2/3} :$<br>$T_{4/1} :$ | $X_3 =$<br>$S_2 =$<br>$MA =$ |
| Barrière en position haute                |  | $X_1 =$<br>$X_4 =$<br>$S_3 =$<br>$t/2/15s =$<br>$T_{1/2} :$<br>$T_{3/4} :$ | $X_2 =$<br>$S_1 =$<br>$ML =$<br>$T_{2/3} :$<br>$T_{4/1} :$ | $X_3 =$<br>$S_2 =$<br>$MA =$ |
| Départ de la temporisation de 15 secondes |  | $X_1 =$<br>$X_4 =$<br>$S_3 =$<br>$t/2/15s =$<br>$T_{1/2} :$<br>$T_{3/4} :$ | $X_2 =$<br>$S_1 =$<br>$ML =$<br>$T_{2/3} :$<br>$T_{4/1} :$ | $X_3 =$<br>$S_2 =$<br>$MA =$ |

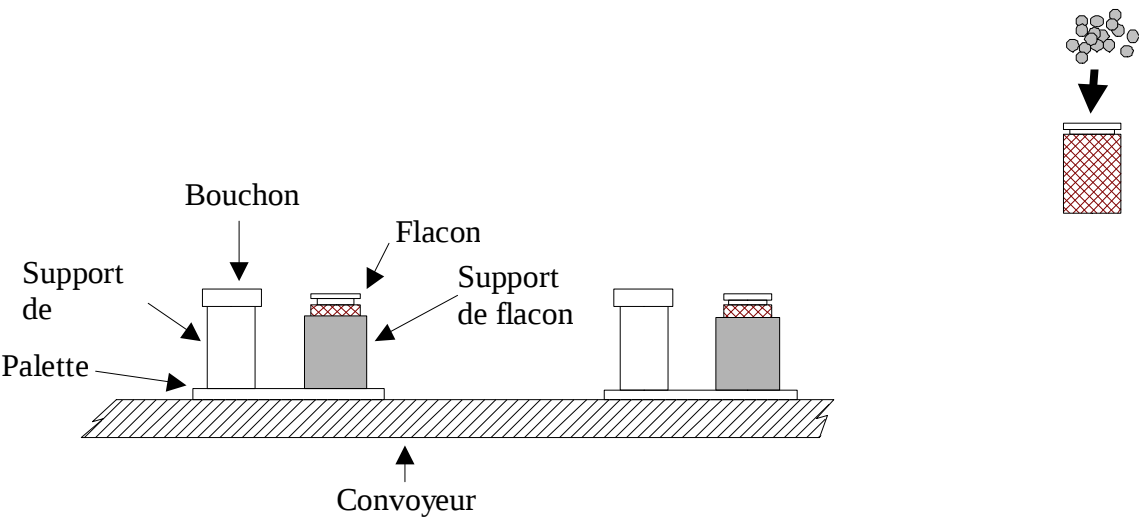
Le GRAFCET

|                                        |                                                                                   |                                                                            |                                                            |                              |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Fin de la temporisation de 15 secondes |  | $X_1 =$<br>$X_4 =$<br>$S_3 =$<br>$t/2/15s =$<br>$T_{1/2} :$<br>$T_{3/4} :$ | $X_2 =$<br>$S_1 =$<br>$ML =$<br>$T_{2/3} :$<br>$T_{4/1} :$ | $X_3 =$<br>$S_2 =$<br>$MA =$ |
| Descente de la barrière                |  | $X_1 =$<br>$X_4 =$<br>$S_3 =$<br>$t/2/15s =$<br>$T_{1/2} :$<br>$T_{3/4} :$ | $X_2 =$<br>$S_1 =$<br>$ML =$<br>$T_{2/3} :$<br>$T_{4/1} :$ | $X_3 =$<br>$S_2 =$<br>$MA =$ |
| Barrière en position basse             |  | $X_1 =$<br>$X_4 =$<br>$S_3 =$<br>$t/2/15s =$<br>$T_{1/2} :$<br>$T_{3/4} :$ | $X_2 =$<br>$S_1 =$<br>$ML =$<br>$T_{2/3} :$<br>$T_{4/1} :$ | $X_3 =$<br>$S_2 =$<br>$MA =$ |

Exercice 9

Une entreprise de produits pharmaceutiques utilise un système automatisé pour remplir un flacon de comprimé.

Grâce à un convoyeur, des palettes contenant chacune un flacon et son bouchon passent de poste en poste.



## Le GRAFCET

### **Poste de remplissage**

Au poste de remplissage, lorsqu'une palette est détectée et si un flacon vide est présent dessus, alors la palette est stoppée grâce à la sortie d'un stoppeur et le remplissage peut commencer.

Lorsque le flacon est plein, le stoppeur est rentré, la palette avance de nouveau.

#### Capteurs

Présence palette

Présence flacon

Flacon vide

#### Actions

Sortir stoppeur

Rentrer stoppeur

Remplir le flacon

On considère qu'initialement le stoppeur est sorti.

Réaliser le grafcet correspondant au poste de remplissage.

### **Poste de bouchage et de conditionnement par 6**

Ce poste permet de boucher les flacons puis de les stocker sur leur palette par lot de 6.

Un premier stoppeur permet d'effectuer le bouchage puis un deuxième stoppeur permet de les stocker par 6. Lorsque les 6 flacons sont présents, ce dernier les libère pour qu'il puissent aller au poste suivant (poste de mise en carton). On considère que sur ce poste toutes les palettes ont un flacon et tous les flacons sont remplis.

#### Capteur

Présence palette

#### Actions

Boucher

Rentrer stoppeur bouchage

Sortir stoppeur bouchage

Rentrer stoppeur conditionnement

Sortir stoppeur conditionnement

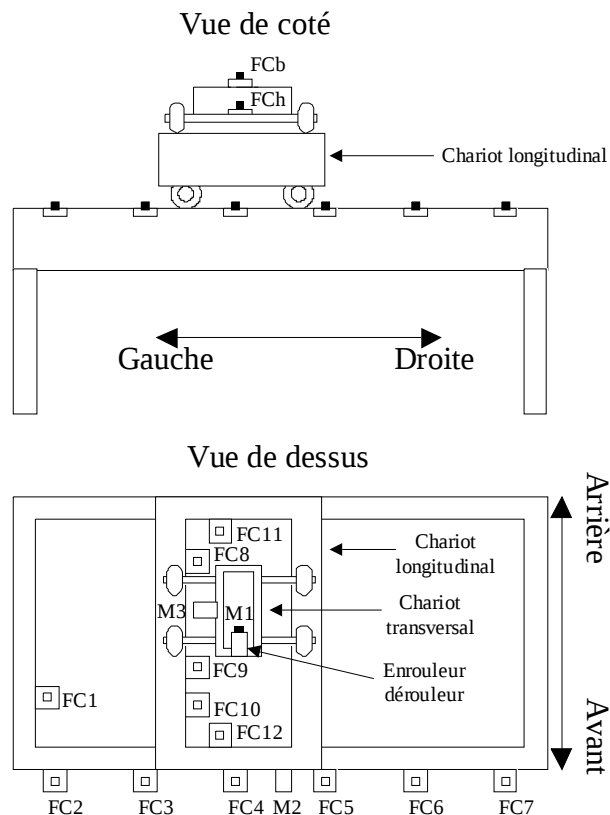
Une mémoire "C" permet de compter les flacons. Pour cela il faut initialement la mettre à 0, puis l'incrémenter par la commande " $C = C + 1$ ", puis détecter le moment où elle atteint la valeur 6.

Réaliser le grafcet correspondant au poste de bouchage et de conditionnement par 6.

## Le GRAFCET

### Exercice 10

Un pont roulant est utilisé pour transporter des pièces, en attente sur une aire de stockage, vers un atelier de fabrication. Le chargement et le déchargement des pièces sont manuels, l'opérateur appuie sur un bouton poussoir lorsque l'opération est effectuée



L'ensemble est constitué par deux chariots entraînés par deux moteurs asynchrones.

Le chariot longitudinal entraîné par le moteur M2 permet le déplacement avant arrière de la pièce.

Le chariot transversal entraîné par le moteur M3 permet le déplacement gauche ou droit de la pièce.

La position du chariot longitudinal est contrôlée par 5 interrupteurs de position (FC2 à FC6). Les positions du chariot transversal sont contrôlées par 3 interrupteurs de position (FC8 à FC10). Les positions haute et basse sont contrôlées par deux interrupteurs de position (FCh et FCb). FC1 et FC7 ainsi que FC11 et FC12 sont des surcourses de sécurité.

Dcy : Commande de départ de cycle

### Désignation des pré-actionneurs

KM1 : Commande la montée

KM2 : Commande de la descente

KM3 : Commande du déplacement avant

KM4 : Commande du déplacement arrière

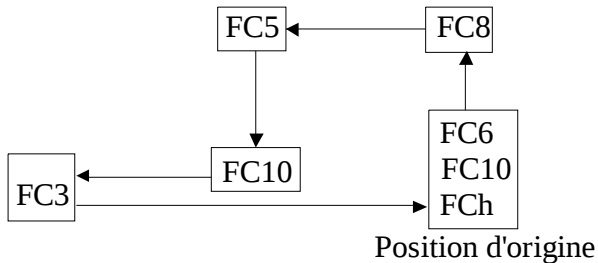
KM5 : Commande du déplacement gauche

KM6 : Commande du déplacement droite

## Travail demandé

Donner le grafcet permettant de décrire le fonctionnement chaque cas ci-dessous :

Cas 1 :

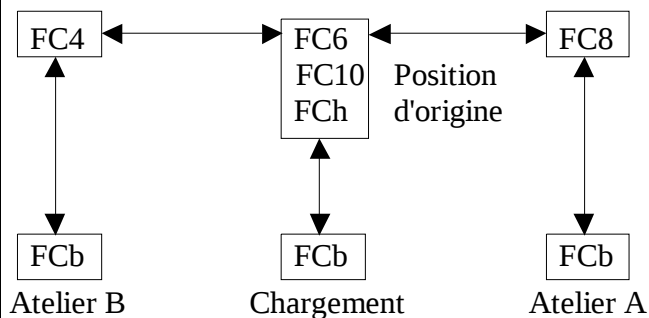


Cas 2 :

Les pièces en attente peuvent être de deux hauteurs différentes. Selon leur taille l'opérateur les dirige vers l'atelier A ou vers l'atelier B. Il sélectionne le cycle par un commutateur à deux positions fixes (C = a ou C = b).

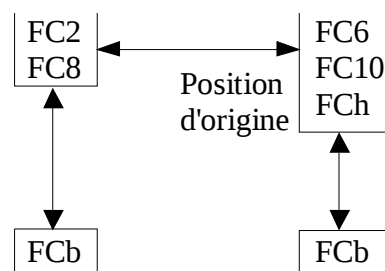
Capteurs : Pièce chargée  
Pièce déchargée

Actions : Charger une pièce  
Décharger une pièce



Cas 3 :

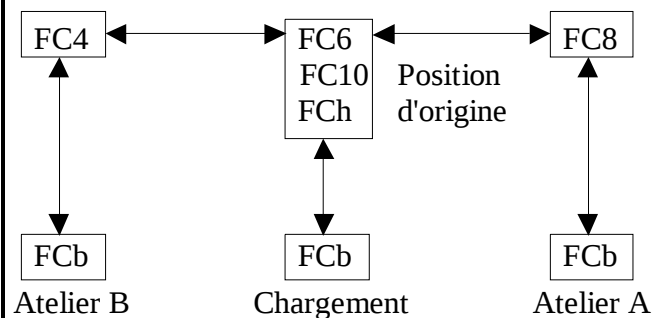
Afin de réduire au maximum le temps de déplacement des pièces de l'aire de stockage vers l'atelier de production, on désire que les séquences de déplacement des chariots longitudinal et transversal s'effectuent en même temps.



Cas 4 :

Nous avons vu que selon leur hauteur les pièces étaient envoyées vers les ateliers A ou B. Maintenant, les pièces envoyées à l'atelier B, car étant trop grandes, sont immédiatement usinées puis envoyées à l'atelier A.

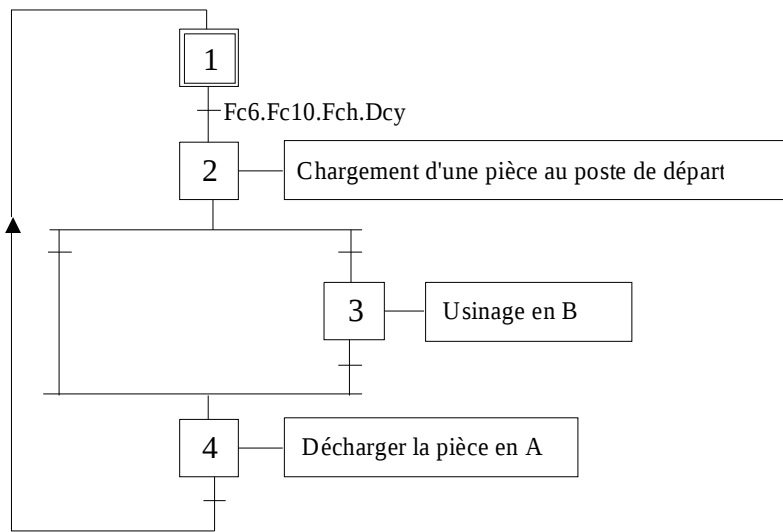
Capteur : Pièce usinée  
Action : Usiner une pièce



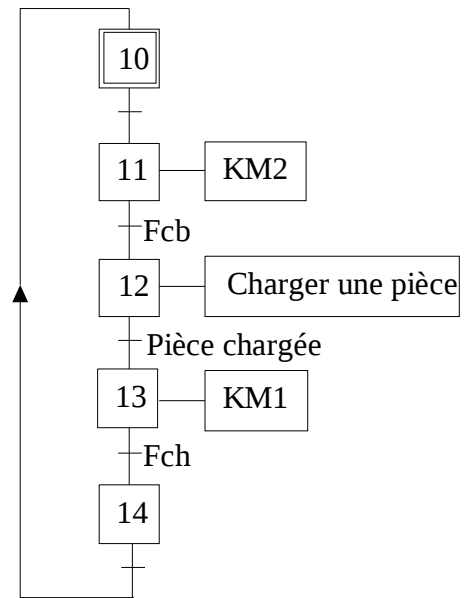
Pour réaliser le cas 4 du pont roulant, on utilise maintenant des grafkets synchronisés. Compléter les grafkets ci-dessous :

# Le GRAFCET

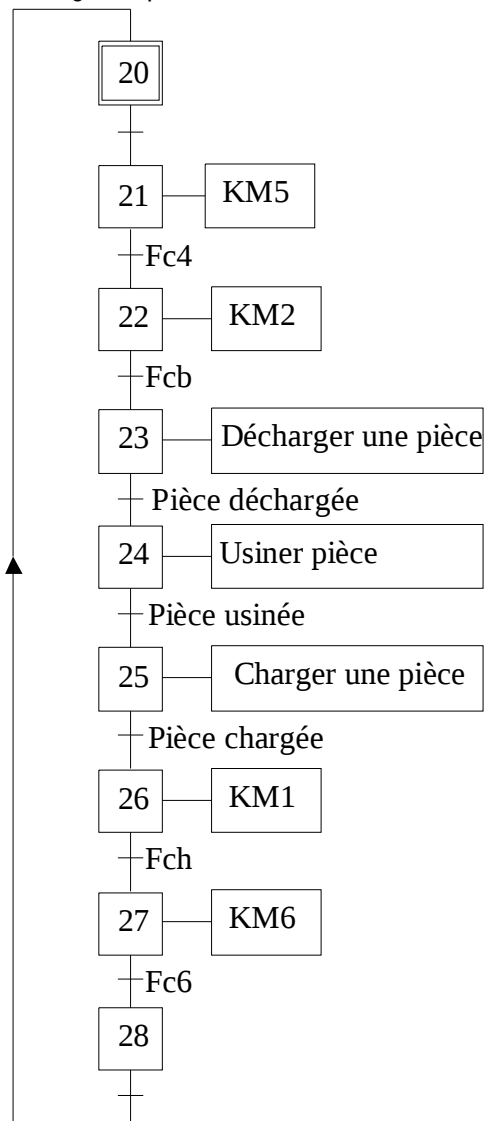
Gestion générale



Chargement d'une pièce au poste de départ



Usinage au poste B



Dégagement au poste A

