

# LE GRAFCET

## Rappel

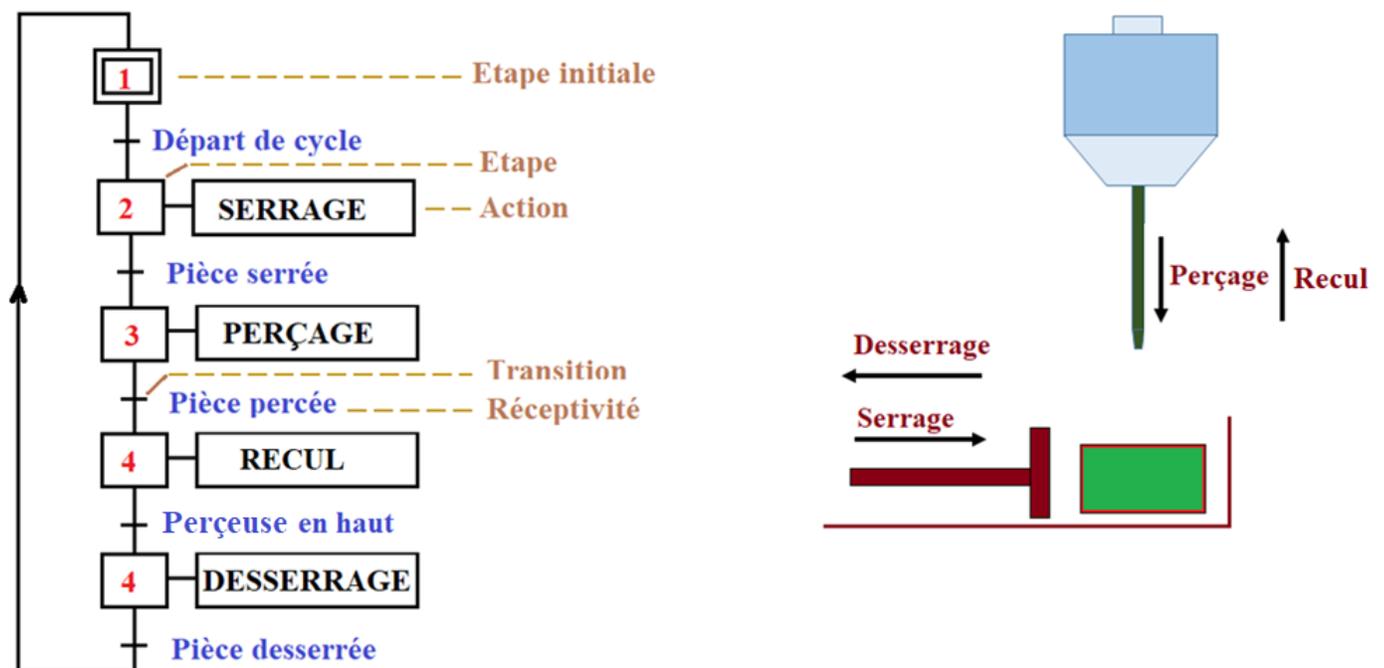
Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions) ou Diagramme fonctionnel :

- ⇒ Est un outil de représentation du fonctionnement des systèmes automatisés séquentiels
- ⇒ Est un langage de programmation des automates programmables (API) et permet de fournir le programme de tout autre module de traitement

### 1. Concepts

Le GRAFCET décrit les cycles de fonctionnement par une succession d'étapes, de transitions et de liaisons orientées. Aux étapes, on associe des actions et aux transitions, des réceptivités

Exemple :



### Evolution

L'étape 1 est initialement active. Lorsque la réceptivité "départ de cycle" est vraie, la transition correspondante "1-2" est franchie ce qui provoque l'activation de l'étape 2 et la désactivation l'étape 1. Pendant que l'étape 2 est active, si la réceptivité "pièce serrée" devient vraie, l'étape 3 s'active et l'étape 2 se désactive et ainsi de suite

### 2. Structures du GRAFCET

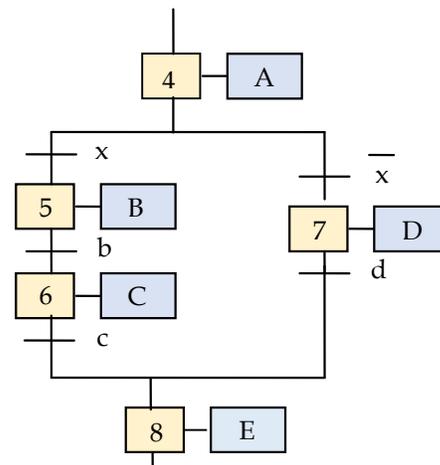
On distingue :

- GRAFCET à séquence unique (linéaire)
- GRAFCET à séquences multiples :
  - GRAFCET à sélection de séquences : séquences exclusives, saut d'étapes, reprise d'étapes
  - GRAFCET à séquences simultanées

### Séquences exclusives (aiguillage en OU)

Permet d'effectuer un choix unique d'évolution entre plusieurs séquences d'étapes

Ici, il y a sélection entre la séquence 4-5-6-8 et la séquence 4-7-8 selon l'état de la réceptivité  $x$

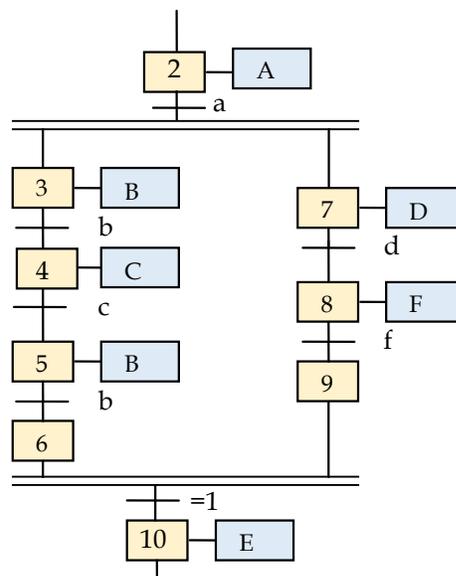


### Séquences simultanées (aiguillage en ET)

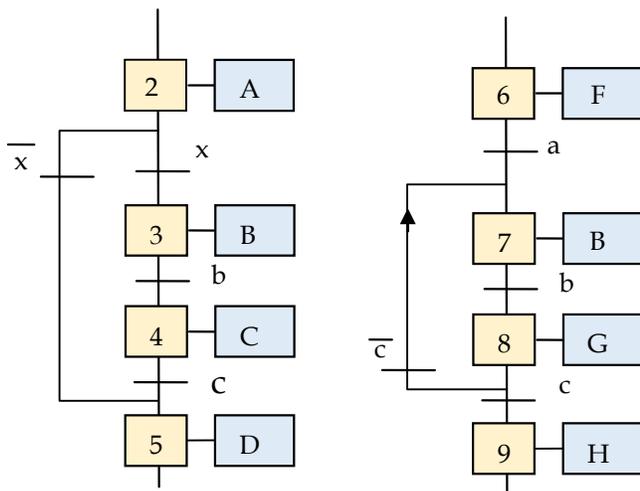
Le franchissement d'une transition conduit à activer simultanément plusieurs séquences d'étapes qui s'exécuteront parallèlement mais indépendamment

Ici, le franchissement de la transition "a" conduit à l'exécution simultanée des séquences 3-4-5-6 et 7-8-9

Les étapes 6 et 9 sont des étapes d'attente. Une fois toutes les deux actives, l'étape 10 s'active immédiatement



### Saut d'étapes et reprise d'étapes



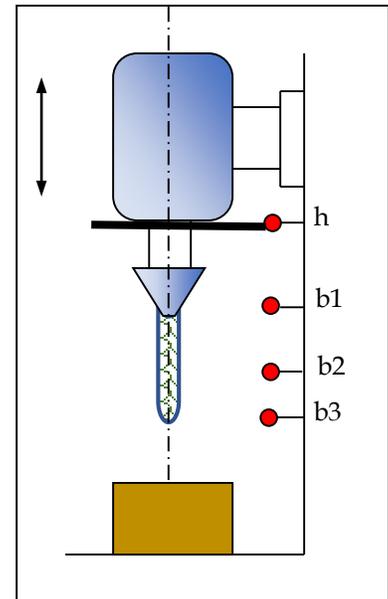
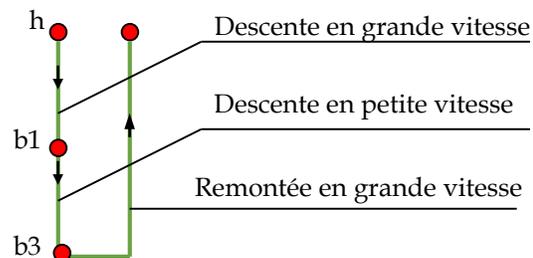
Le saut d'étapes est un saut conditionnel d'une séquence d'étapes. Ici, il y a saut de la séquence 3-4 si  $x=0$

La reprise d'étapes permet de reprendre une ou plusieurs fois la même séquence. Ici, la séquence 7-8 est répétée tant que  $c=0$

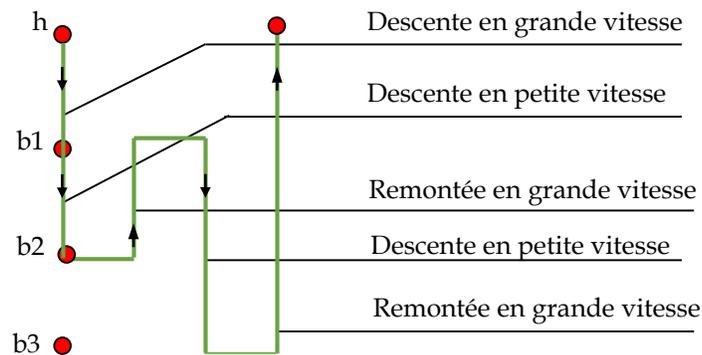
**Exercice : perceuse automatique**

Suivant la nature des pièces, l'opérateur peut choisir entre le perçage avec ou sans déburrage.

Etablir le GRAFCET du point de vue partie commande. (La rotation de la broche n'est pas à étudier)

**Cycle sans déburrage****Cycle avec déburrage**

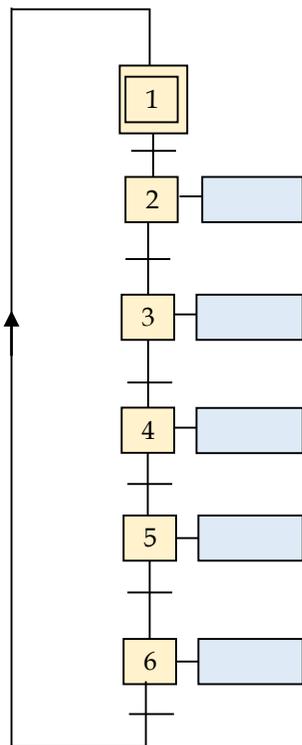
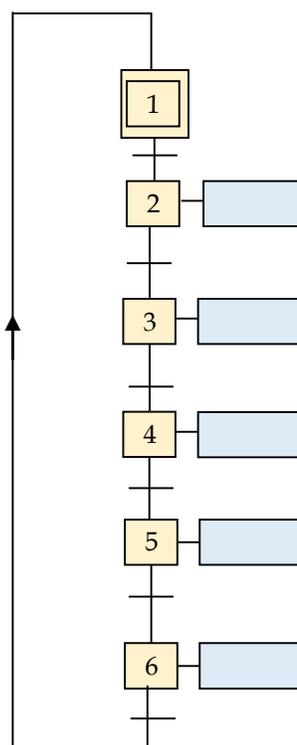
Effectuant une remontée de la broche à une position intermédiaire afin de dégager le foret avant de terminer le perçage déjà commencé

**Actions**

- KM1 : contacteur descente en grande vitesse
- KM2 : contacteur descente en petite vitesse
- KM3 : contacteur montée en grande vitesse

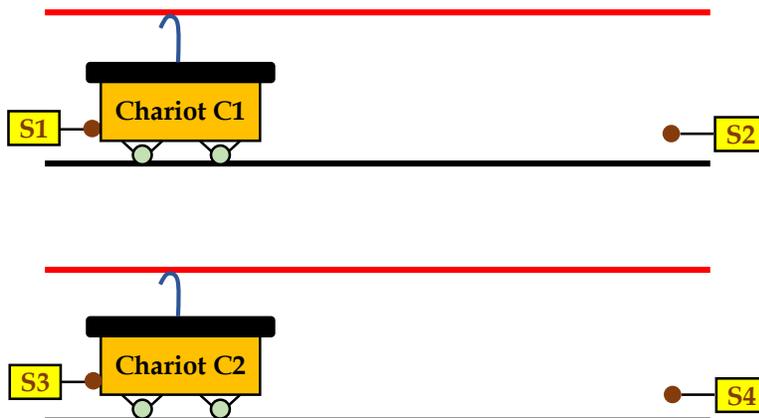
**Capteurs et éléments du pupitre**

- h : position haute
- b1 : approche terminée
- b2 : position intermédiaire
- b3 : perçage terminé
- br : broche en rotation
- dbr/ $\overline{\text{dbr}}$  : commutateur avec déburrage/sans déburrage
- dcy : Bp départ de cycle

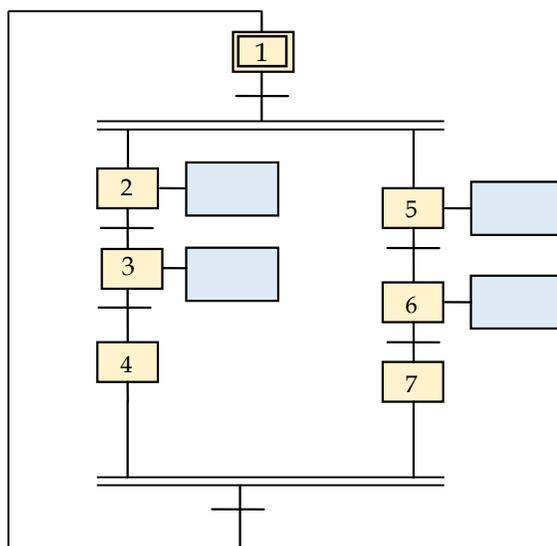
SolutionVariante**Exercice : Aller et retour de deux chariots**

Suite à l'action sur le bouton S0, les deux chariots se déplacent pour effectuer chacun un aller et retour. Le cycle se termine lorsque les deux chariots se retrouvent à leurs positions initiales

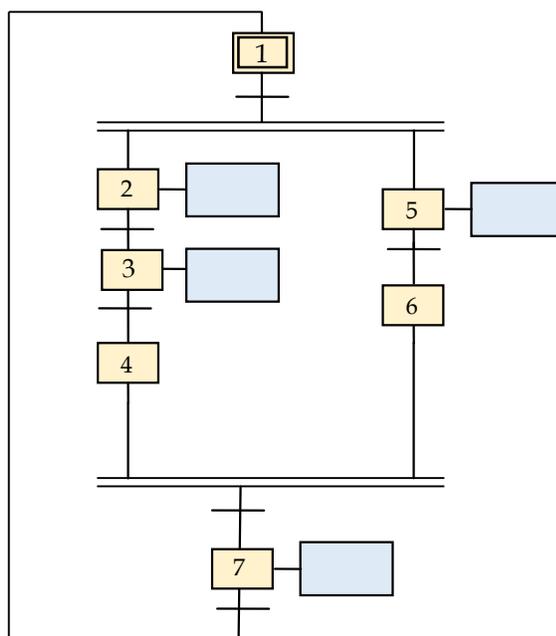
Fournir le Grafcet de point de vue partie commande



Mouvement	Actionneur	Préactionneur	Capteur
Déplacement avant de C1	M1	KM1	S2 : fin de déplacement avant
Déplacement arrière de C1		KM2	S1 : fin de déplacement arrière
Déplacement avant de C2	M2	KM3	S4 : fin de déplacement avant
Déplacement arrière de C2		KM4	S3 : fin de déplacement arrière



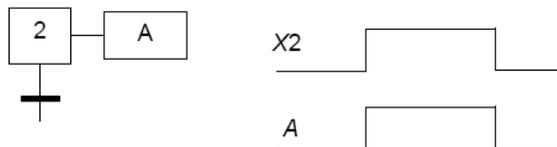
Modifier le Grafset si, maintenant, le retour du chariot C2 ne peut se faire qu'après le retour du chariot C1 à sa position initiale.



### Actions associées aux étapes

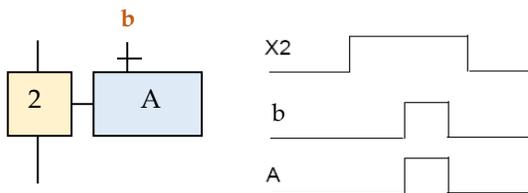
⇒ Action continue

L'action se poursuit tant que l'étape à laquelle elle est associée est active



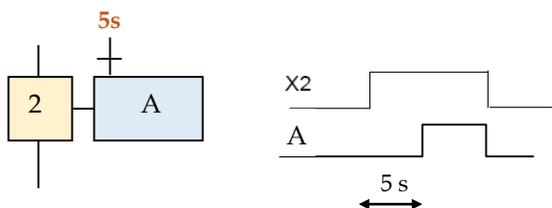
⇒ Action conditionnelle

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

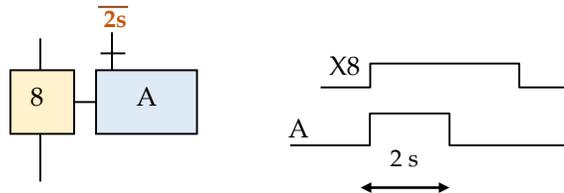


⇒ Action retardée ou limitée dans le temps

L'action est retardée par rapport à l'instant de l'activation de l'étape

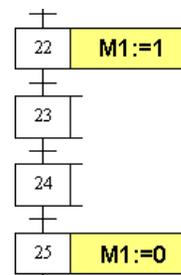


L'action limitée fonctionne pendant une durée depuis l'activation de l'étape



⇒ Action mémorisée

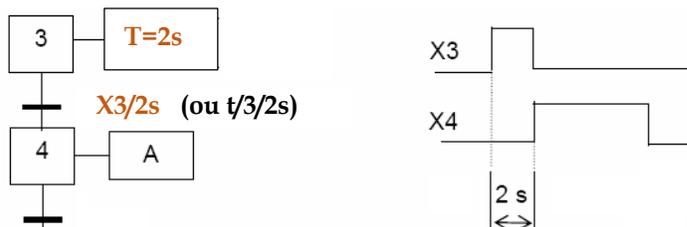
L'action se déroule sur plusieurs étapes. Il suffit d'indiquer les étapes de début et de fin de l'action. L'action M1 est active aux étapes 22, 23 et 24



### Les réceptivités particulières

⇒ Réceptivité fonction du temps

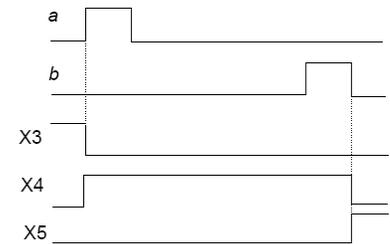
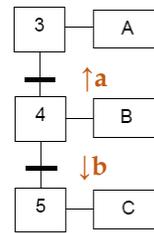
La réceptivité dépend d'une durée écoulée depuis l'activation d'une étape



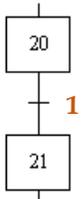
### ⇒ Réceptivité front

Il est fréquent que l'on ait à détecter dans un système le changement d'état d'une variable

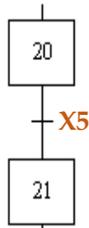
On représente ce changement d'état par :  $\uparrow a$ , pour le front montant de a et  $\downarrow a$  pour le front descendant de a



### ⇒ Réceptivité toujours vraie

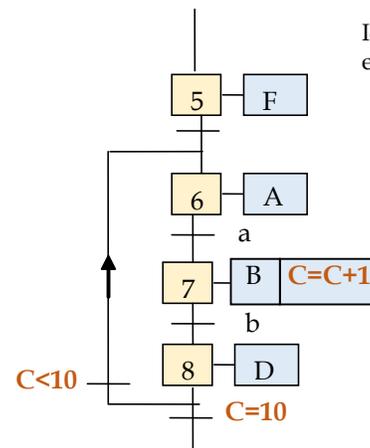


### ⇒ Variable associée à une étape



La variable X5, associée à l'étape 5, prend 1 si l'étape 5 est active et 0 dans le cas inverse

### ⇒ Comptage



Ici, la séquence 6-7-8 est répétée 10 fois

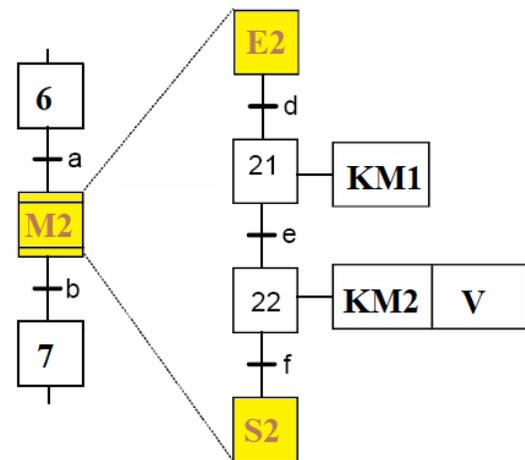
## Structuration du GRAFCET

### ⇒ Macro étape

Une macro-étape est la représentation d'une portion du GRAFCET appelée expansion. Elle se substitue à une étape du GRAFCET

L'expansion de macro-étape comporte une étape d'entrée notée E et une étape de sortie notée S

L'utilisation des macro-étapes permet de simplifier l'écriture du GRAFCET

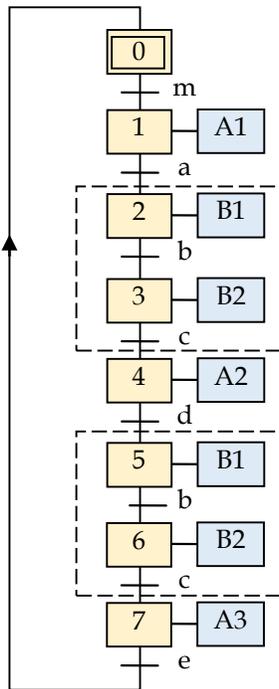


### ⇒ Synchronisation par tâche

Dans le but de simplifier l'écriture de certains GRAFCET ou lorsqu'une suite de séquences apparaît plusieurs fois dans un GRAFCET, on est amené à définir des tâches que l'on peut appeler à partir d'un GRAFCET principal dit GRAFCET de coordination des tâches

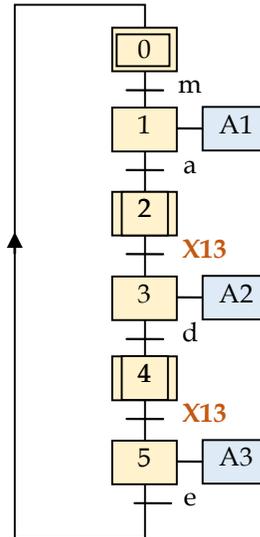
Dans l'exemple suivant, on va déléguer les séquences 2-3 et 5-6 à une tâche évitant ainsi la répétition

### GRAFCET initial

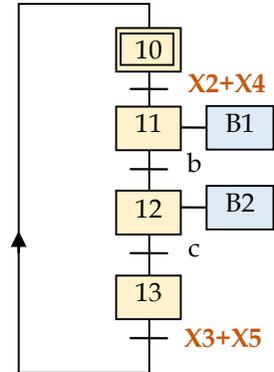


Transformation

### GRAFCET de coordination



### GRAFCET de tâche



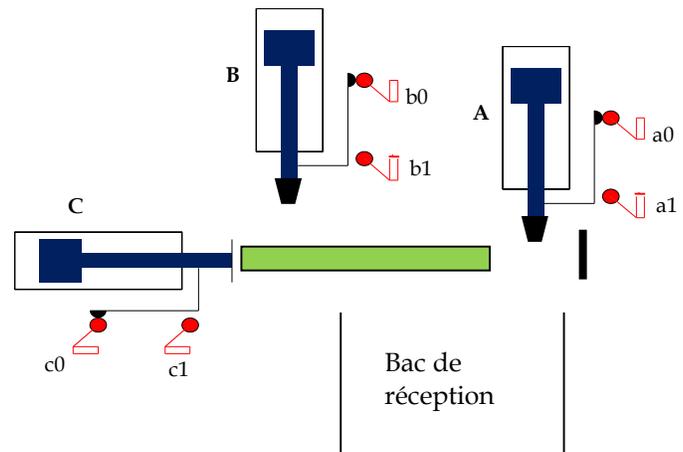
X2+X4 : information de début de la tâche

X13: information de fin de la tâche

X3+X5 : information de réinitialisation de la tâche

### Exercice : cintruse de tubes

Le système permet le cintrage de tubes d'aluminium. Ces tubes sont ensuite intégrés à un système d'arrosage rotatif de jardin. C'est grâce au cintrage de ces tubes que la rotation de l'arroseur est effectuée



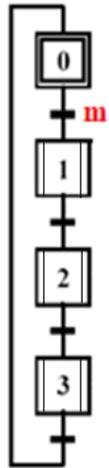
Dès l'appui sur un bouton poussoir **m**, le vérin **C** se déplace pour mettre le tube en position de cintrage. Puis, le vérin **A** descend pour effectuer l'opération de cintrage. Le tube traité est, ensuite, évacué dans le bac de réception par le vérin **B**

Le cycle de fonctionnement comprend 3 tâches :

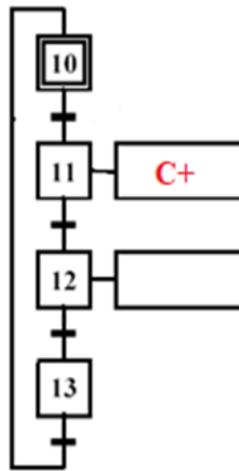
- Positionner le tube en butée
- Cintrer le tube
- Evacuer le tube dans le bac de réception

L'objectif est d'établir un Grafcet décomposé en tâches. Compléter cette solution

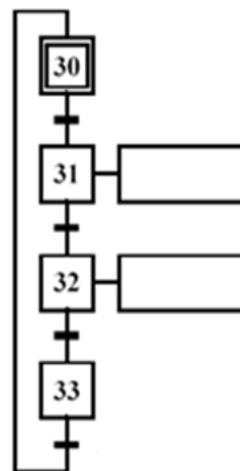
**GRAFCET de coordination des tâches**



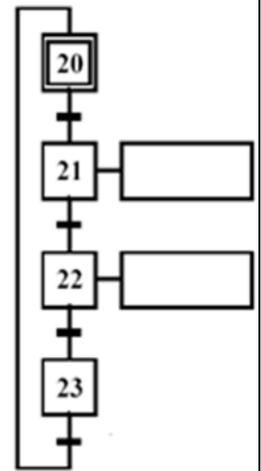
**Tâche POSITIONNER**



**Tâche EVACUER**



**Tâche CINTRER**



**Implantation du GRAFCET dans un automate**

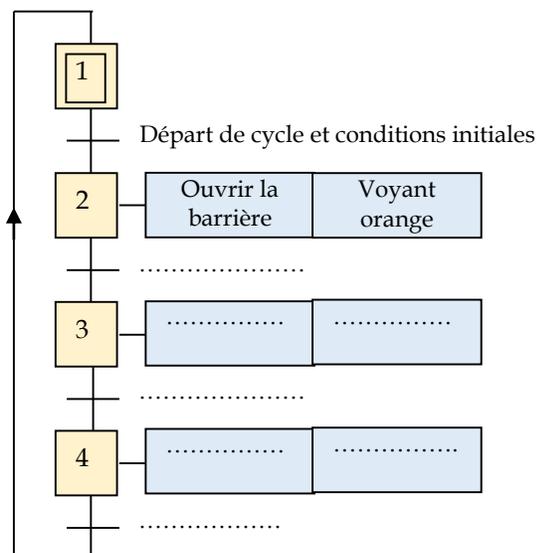
On considère le support technique "barrière automatique" qu'on désire commander selon les séquences suivantes :

- Le système étant au repos, si on appuie sur la télécommande U2, la barrière s'ouvre (KA4) en même temps que le voyant orange H4 s'allume
- Une fois la barrière ouverte (S1), Le voyant vert H1 s'allume
- Après 8 s, la barrière se referme (KA5) et le voyant orange H4 s'allume
- Lorsque la barrière est fermée (S2), le cycle se termine

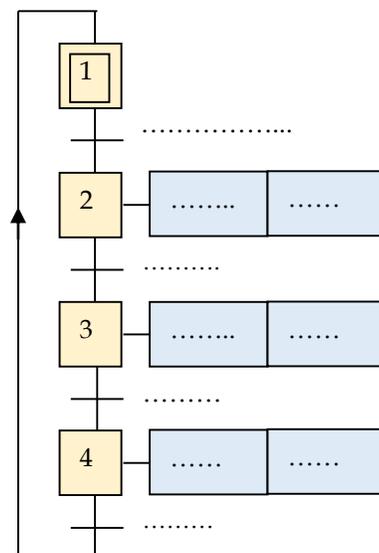
⇒ Etude du GRAFCET

Compléter le GRAFCET d'un point de vue système et celui d'un point de vue partie commande

GRAFCET de point de vue système



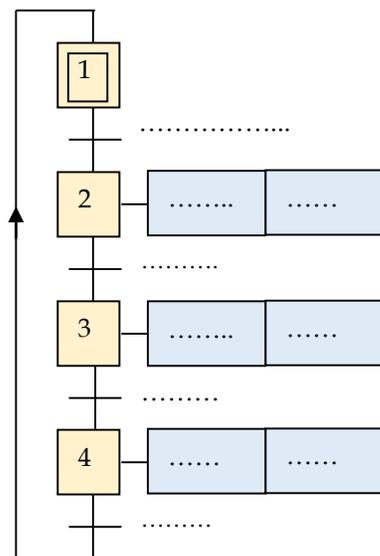
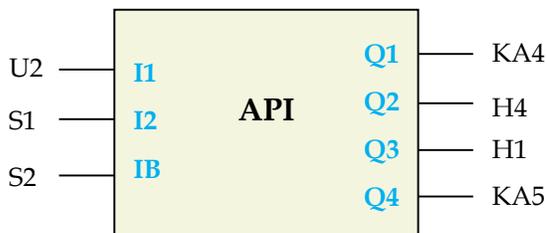
GRAFCET de point de vue partie commande



⇒ Affectation des E/S et GRAFCET de point de vue automate

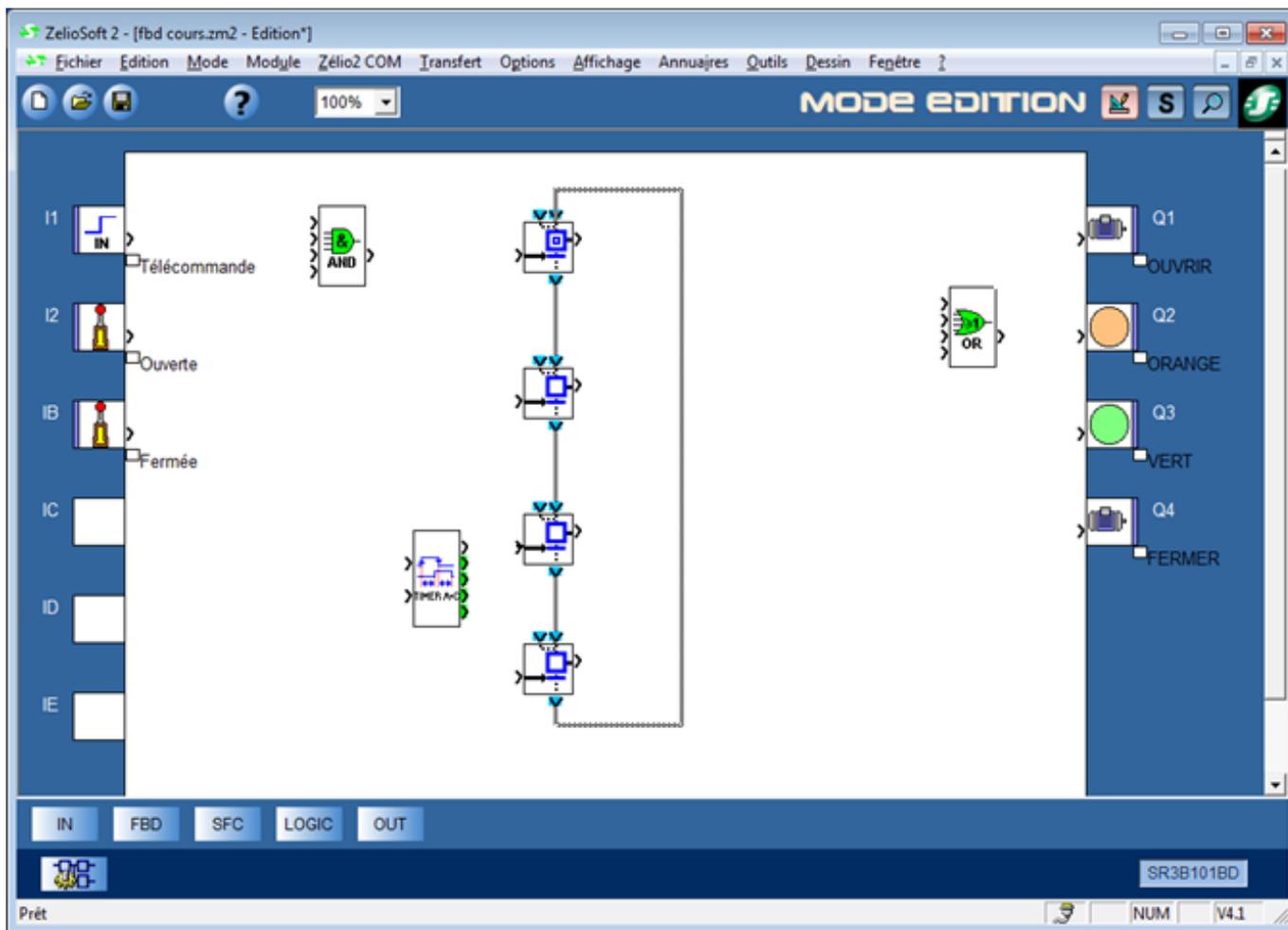
L'API équipant la barrière automatique est le module SR3B101BD doté de 6 entrées (I1, I2, IB, IC, ID, IE) et de 4 sorties (Q1, Q2, Q3, Q4).

Le schéma bloc suivant, propose une affectation des entrées / sorties à l'automate, compléter le GRAFCET du point de vue API



⇒ Programmation de l'API par le langage FBD

- Ci-après le schéma FBD à implanter dans l'automate via le logiciel ZelioSoft. Compléter-le



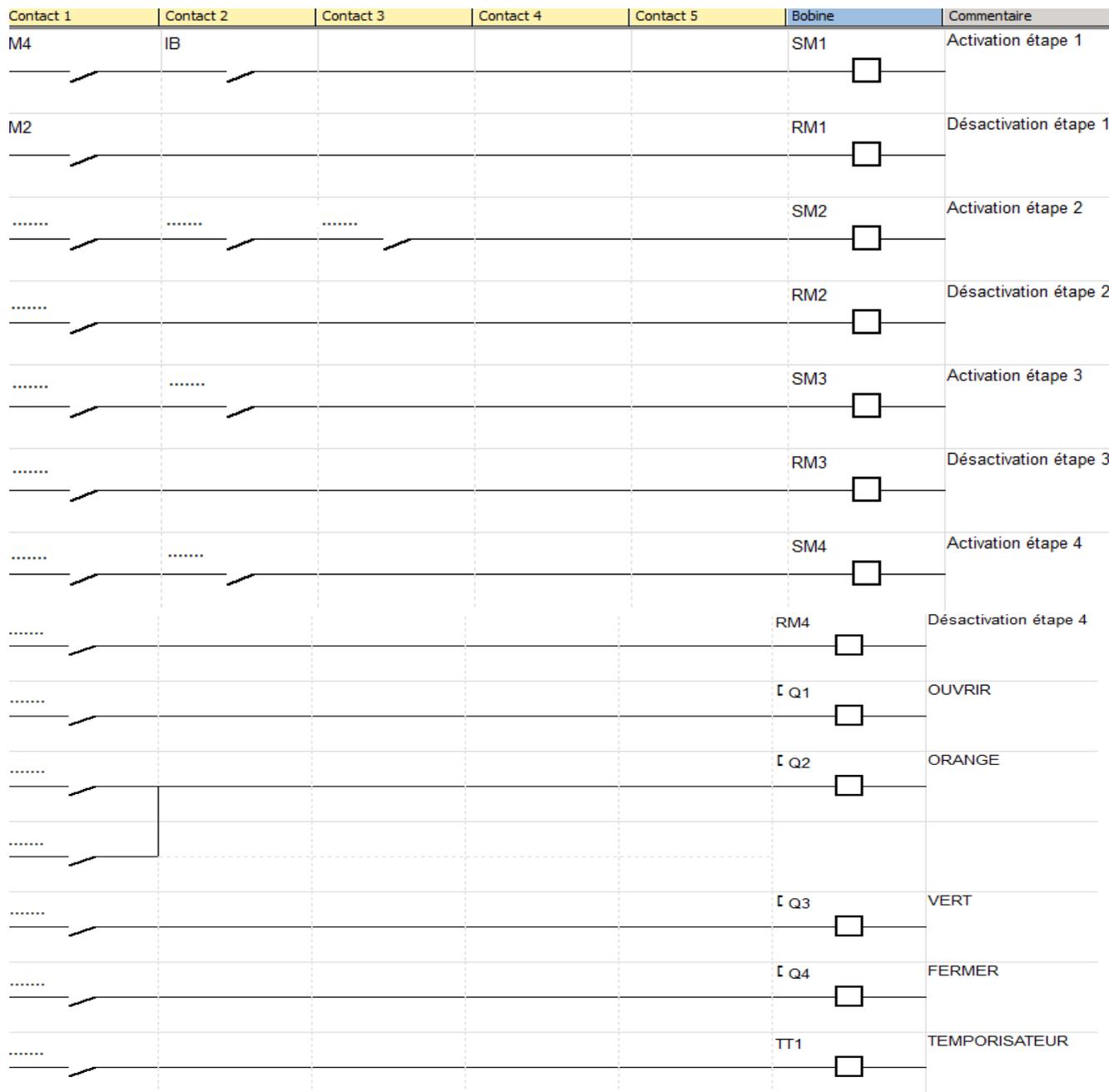
⇒ Programmation de l'API par le langage LADDER

- Effectuer la mise en équations du GRAFCET

Etape	Activation	Désactivation
1	SM1 = .....	RM1 = .....
2	SM2 = .....	RM2 = .....
3	SM3 = .....	RM3 = .....
4	SM4 = .....	RM4 = .....

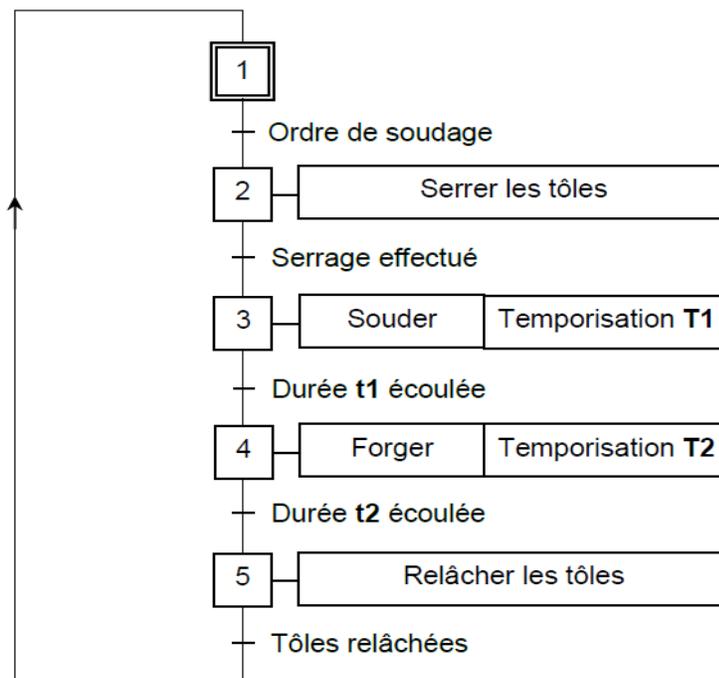
Action
Q1 = .....
Q2 = .....
Q3 = .....
Q4 = .....
T1 = .....

- Compléter le programme LADDER



**Exercice : Examen national 2019, session normale****B. ETUDE DE LA COMMANDE DE LA TETE DE SOUDAGE**

Le cycle de soudage d'un point peut être décrit par le grafctet fonctionnel suivant.(on suppose que l'accostage est déjà effectué)



La commande de la tête de soudage se fait à l'aide d'un automate programmable (API) dont les affectations des entrées / sorties sont données par le tableau suivant :

<i>Action / Information</i>	<i>Entrée/Sortie API</i>
Serrage et forgeage	<b>Q1</b>
Relâchement	<b>Q2</b>
Soudage	<b>Q3</b>
Ordre de soudage	<b>I1</b>
Serrage effectué	<b>I2</b>
Relâchement effectué	<b>I3</b>

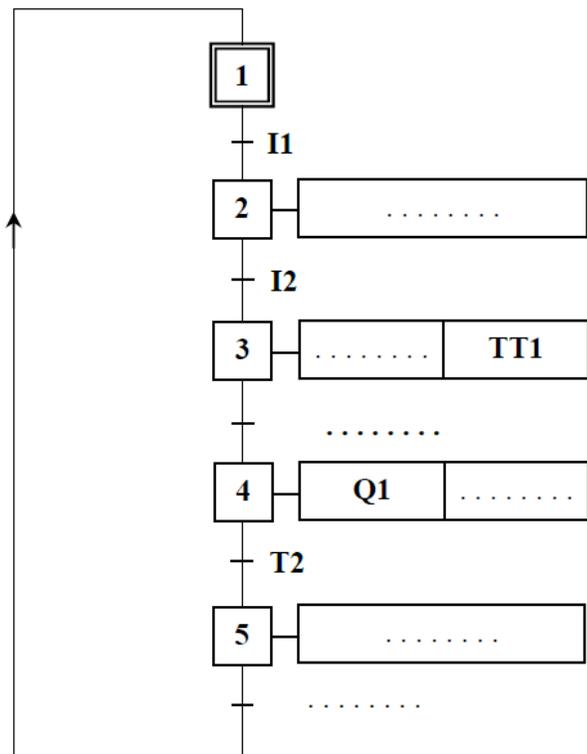
**Question : 42.** Compléter le grafctet de point de vue API.

[3 pts]

**Question : 43.** Compléter le programme, en langage LADDER, traduisant le grafctet point de vue API.

[3 pts]

Question : 42. [3 pts]

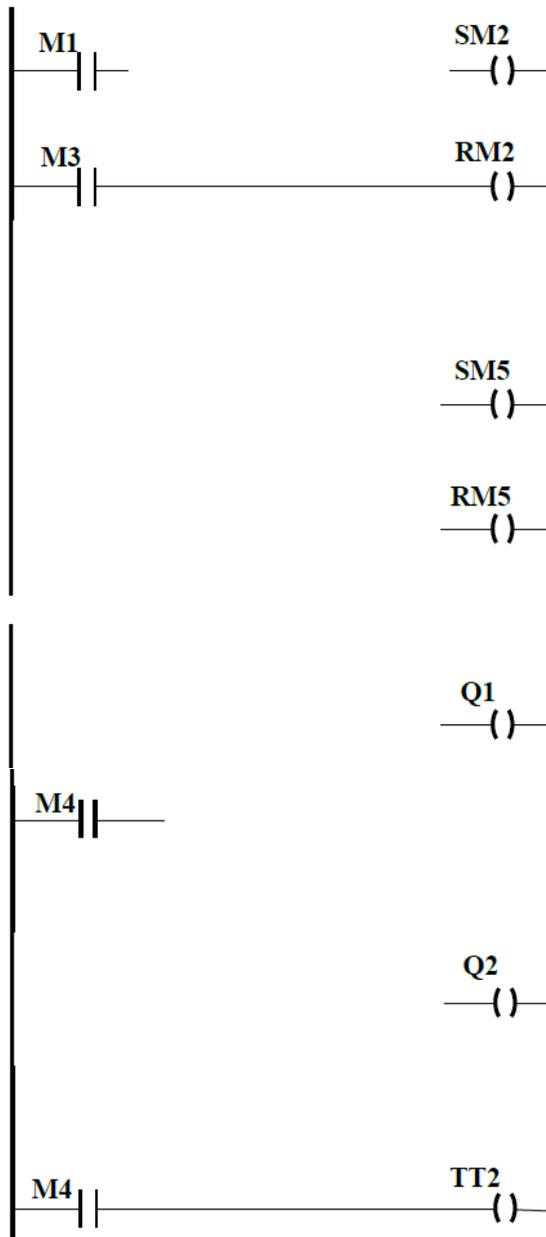


**Rappel :**

À chaque temporisateur sont associés 2 bobines (TTx et RTx) et un contact Tx :

- bobine TTx : entrée de déclenchement de la temporisation numéro x (x =1,2 ou 3...);
- bobine RTx : entrée de remise à zéro ;
- Contact Tx : sortie de fin de temporisation.

Question : 43 [3 pts]



**Exercice : Examen national 2020, session normale****Tâche 2 : GRAFCET et programme LADDER**

En se référant aux documents ressources **DRES 03** et **DRES 04** ; compléter :

**Q47-** Le GRAFCET du point de vue **API**.

**4,5 pts**

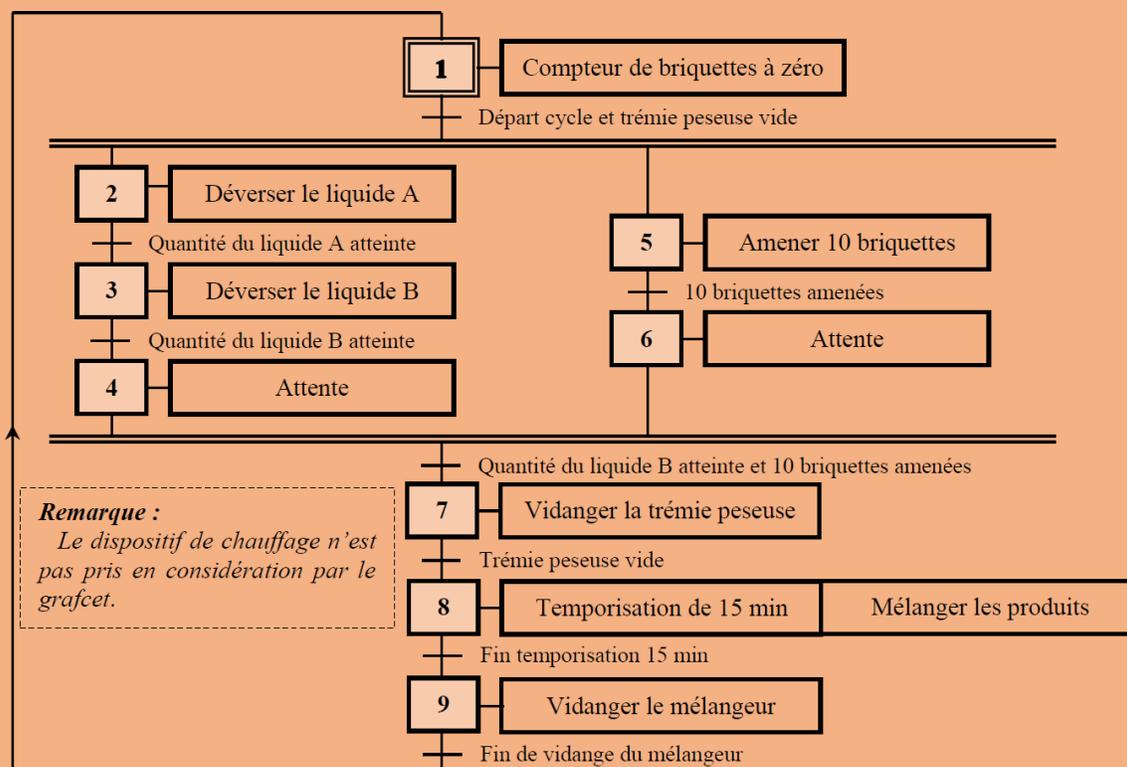
**Q48-** Le programme Ladder correspondant :

**5,5 pts**

- aux étapes 1, 2 , 5 et 7.
- aux actions **CCI**, **Q5** et **Q6**.

**GRAFCET fonctionnel du système****DRES 03**

Selon le cahier des charges les différentes fonctionnalités séquentielles du système sont décrites par le GRAFCET du point de vue système suivant :

**Configuration matérielle de l'A.P.I**

Identification et affectation des sorties

Actions	Actionneurs	Préactionneurs	Sorties API
Déverser le liquide A	Électrovanne $V_A$	Contacteur <b>KVA</b>	<b>Q1</b>
Déverser le liquide B	Électrovanne $V_B$	Contacteur <b>KVB</b>	<b>Q2</b>
Vidanger la trémie peseuse	Électrovanne $V_C$	Contacteur <b>KVC</b>	<b>Q3</b>
Amener une briquette	Moteur <b>MR2</b>	Contacteur <b>KM1</b>	<b>Q4</b>
Mélanger les produits	Moteur <b>MR1</b>	Contacteur <b>KM2</b>	<b>Q5</b>
Vidanger le mélangeur	Électrovanne $V_D$	Contacteur <b>KVD</b>	<b>Q6</b>
Compter le nombre de briquettes	Compteur interne n°1 de l'API		<b>CC1</b>
Remettre à zéro le compteur		<b>RC1</b>	
Définir le temps de malaxage (15 min)	Temporisateur interne n°1 de l'API		<b>TT1</b>

## Identification et affectation des entrées

Consignes/Comptes rendus	Boutons/Capteurs	Entrées API
Initialisation	Bouton poussoir <b>Init</b>	<b>I1</b>
Départ cycle	Bouton poussoir <b>Dcy</b>	<b>I2</b>
Fin de vidange du mélangeur	Bouton poussoir <b>Fv</b>	<b>I3</b>
Quantité du liquide A atteinte	Capteur de force + Conditionneur	<b>PA</b>
Quantité du liquide B atteinte		<b>PB</b>
Trémie peseuse vide		<b>P0</b>
Briquette amenée	Détecteur optique <b>Pi</b>	<b>I7</b>
Nombre de briquettes dans le mélangeur = 10	Contact interne <b>C1</b> du compteur	
Fin de la temporisation de 15 min	Contact interne <b>T1</b> du temporisateur	

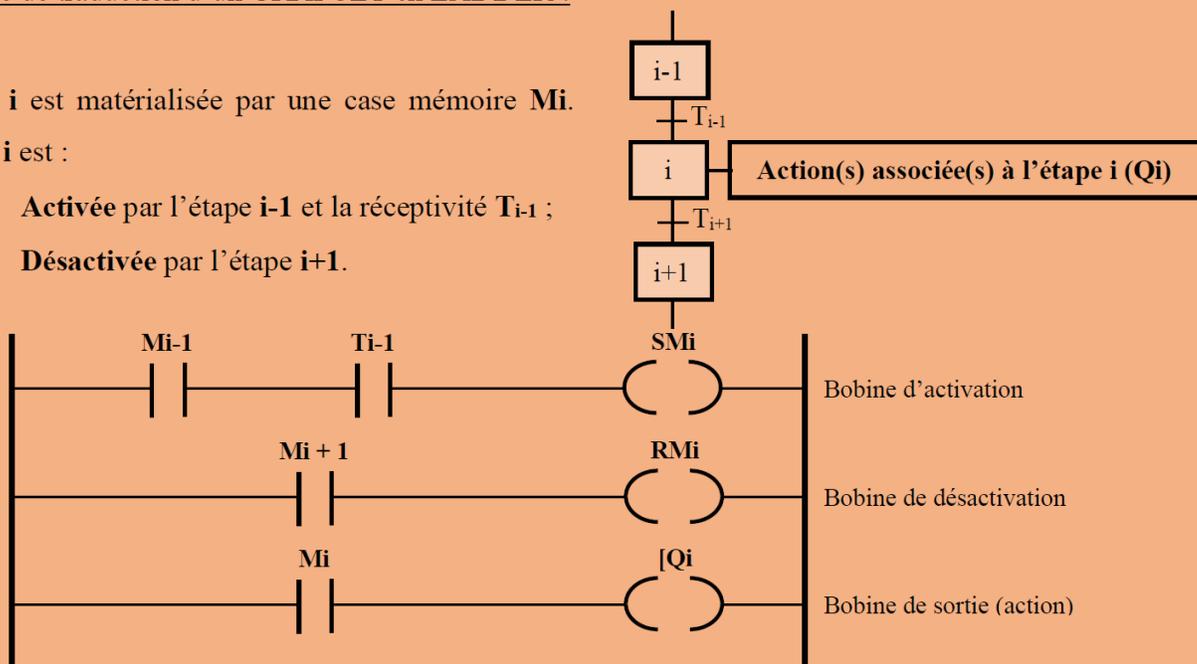
## Langage LADDER

DRES 04

## Principe de traduction d'un GRAFCET en LADDER :

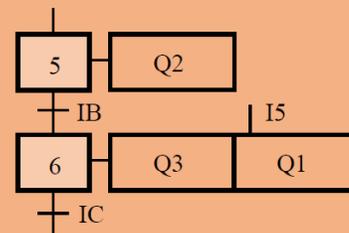
L'étape **i** est matérialisée par une case mémoire **Mi**.L'étape **i** est :

- **Activée** par l'étape **i-1** et la réceptivité **Ti-1** ;
- **Désactivée** par l'étape **i+1**.



## Action conditionnelle :

- L'action **Q1** est conditionnelle ;
- L'action **Q1** est effective lorsque l'étape **6** est active et la condition **I5** est vraie ;
- L'équation de **Q1** est : **Q1 = M6.I5**



## Bloc compteur :

L'A.P.I possède plusieurs blocs compteurs de **C1 ... Cn**.

Le bloc fonction compteur permet de compter ou décompter des impulsions jusqu'à une valeur de présélection.

À chaque compteur sont associées 3 bobines (**RCx**, **CCx** et **DTx**) et un contact **Cx** :

- Bobine **CCx** : entrée de comptage ou de décomptage de numéro **x** ( $x=1,2$  ou  $3...$ ) ;
- Bobine **DCx** : entrée du sens de comptage (le bloc décompte si cette entrée est activée) ;
- Bobine **RCx** : entrée de remise à zéro du compteur ;
- Contact **Cx** : sortie de fin de comptage.

Le compteur 1 est paramétré à 10 donc le contact associé C1 se ferme lorsque le compteur atteint la valeur de présélection 10.

Bloc temporisateur :

L'A.P.I possède plusieurs blocs temporisateurs de T1 ... Tm.

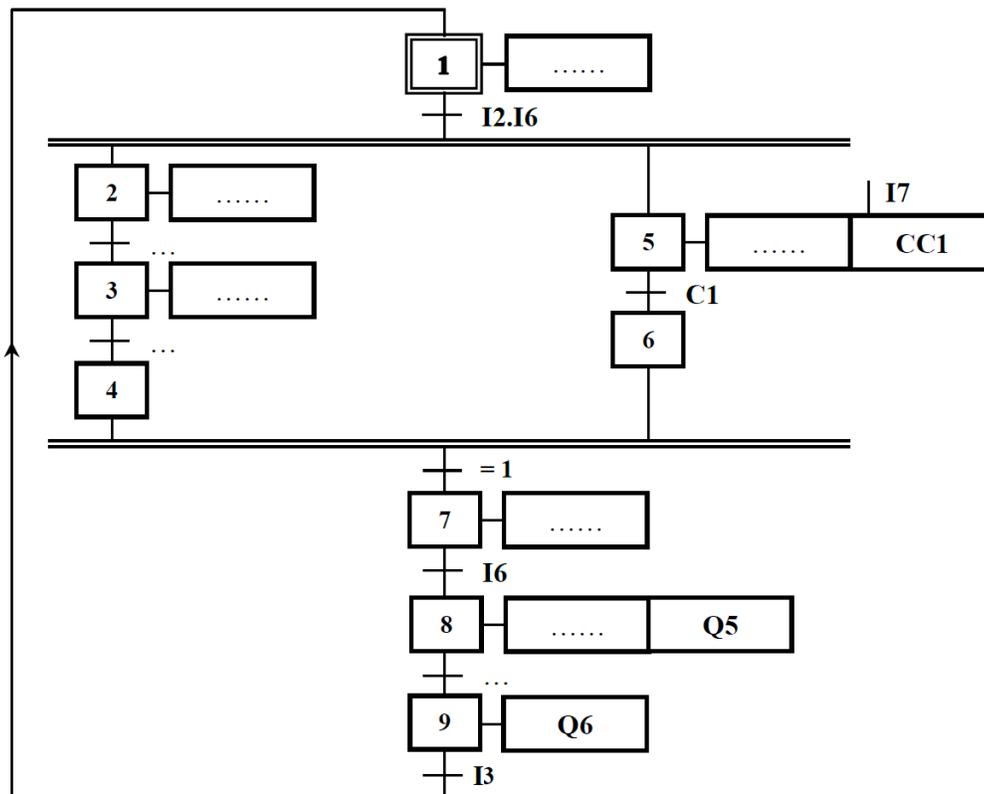
Le bloc fonction temporisateur permet de temporiser des actions.

À chaque temporisateur sont associées 2 bobines (TTx et RTx) et un contact Tx :

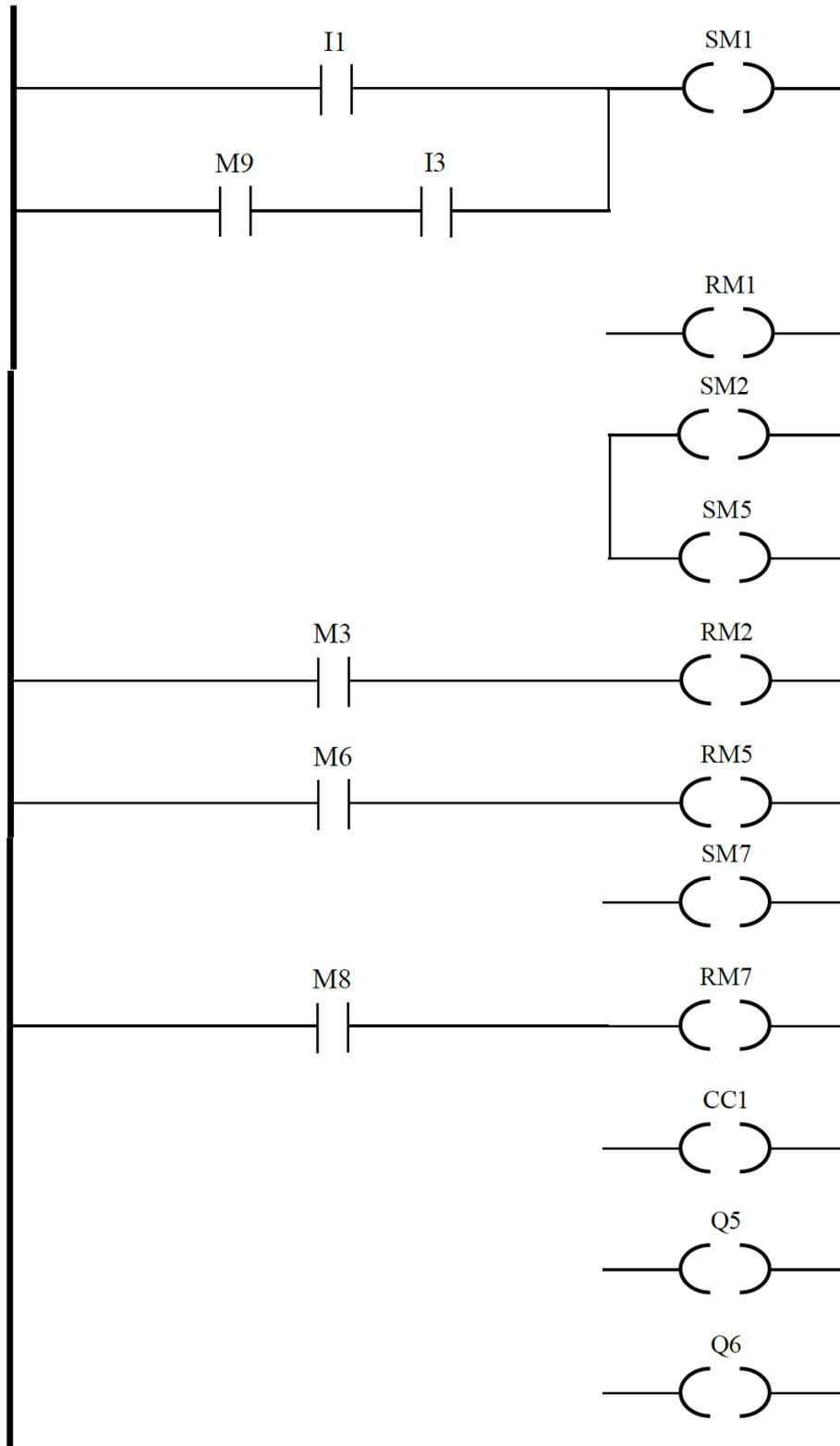
- Bobine TTx : entrée de lancement de la temporisation de numéro x (x =1,2 ou 3...);
- Bobine RTx : entrée de remise à zéro ;
- Contact Tx : sortie de fin de temporisation.

Le temporisateur 1 est paramétré à 15 min donc le contact associé T1 se ferme 15 min après le déclenchement de la temporisation.

Q47- [4,5 pts ]



Q48- [5,5 pts]



**Exercice : Examen national 2020, session de rattrapage**

**Tâche 2 : Grafcet et programmation en langage LADDER**

Le Grafcet de point de vue partie opérative du **DRES 01** décrit le fonctionnement de ce système de manutention magnétique.

**Q47.** En utilisant le Grafcet de point de vue PO (**DRES 01**) et les tableaux d'affectation des entrées/sorties (**DRES 04**), compléter le **GRAF CET** du point de vue automate API. **4 pts**

**Q48.** Compléter le programme **LADDER** partiel correspondant à ce Grafcet. **6 pts**

**DRES 01**

**GRAF CET point de vue partie opérative**

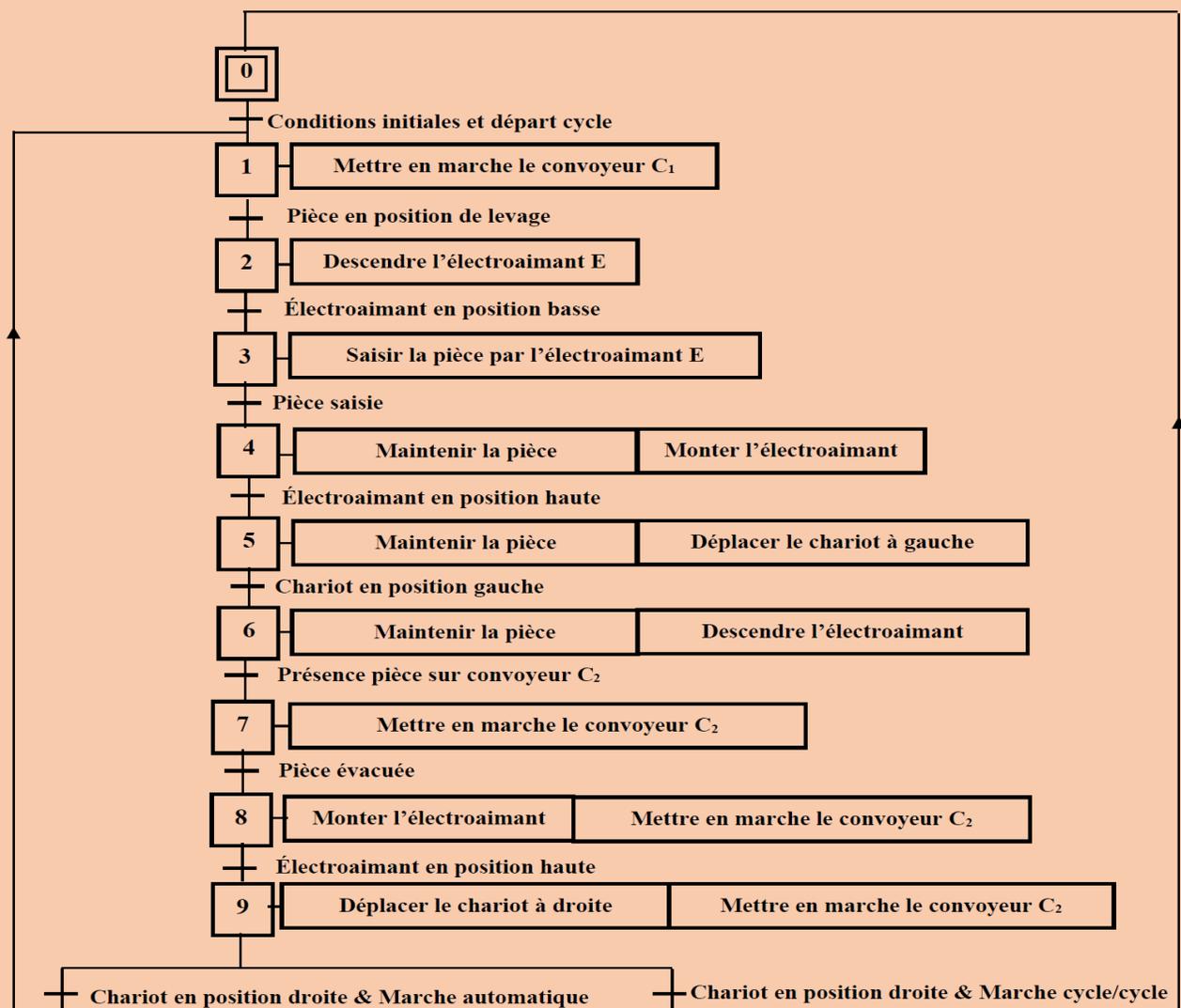


Tableau d'affectation des entrées

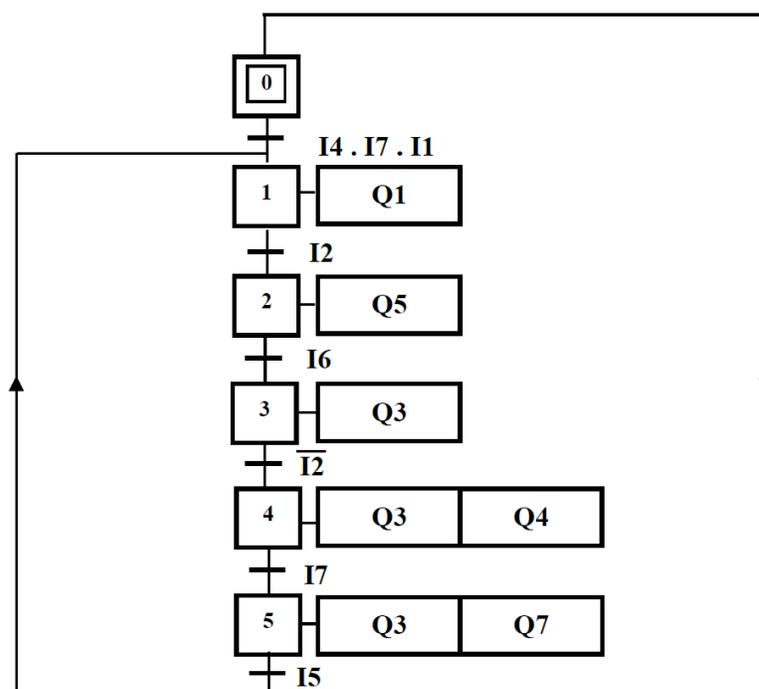
**DRES 04**

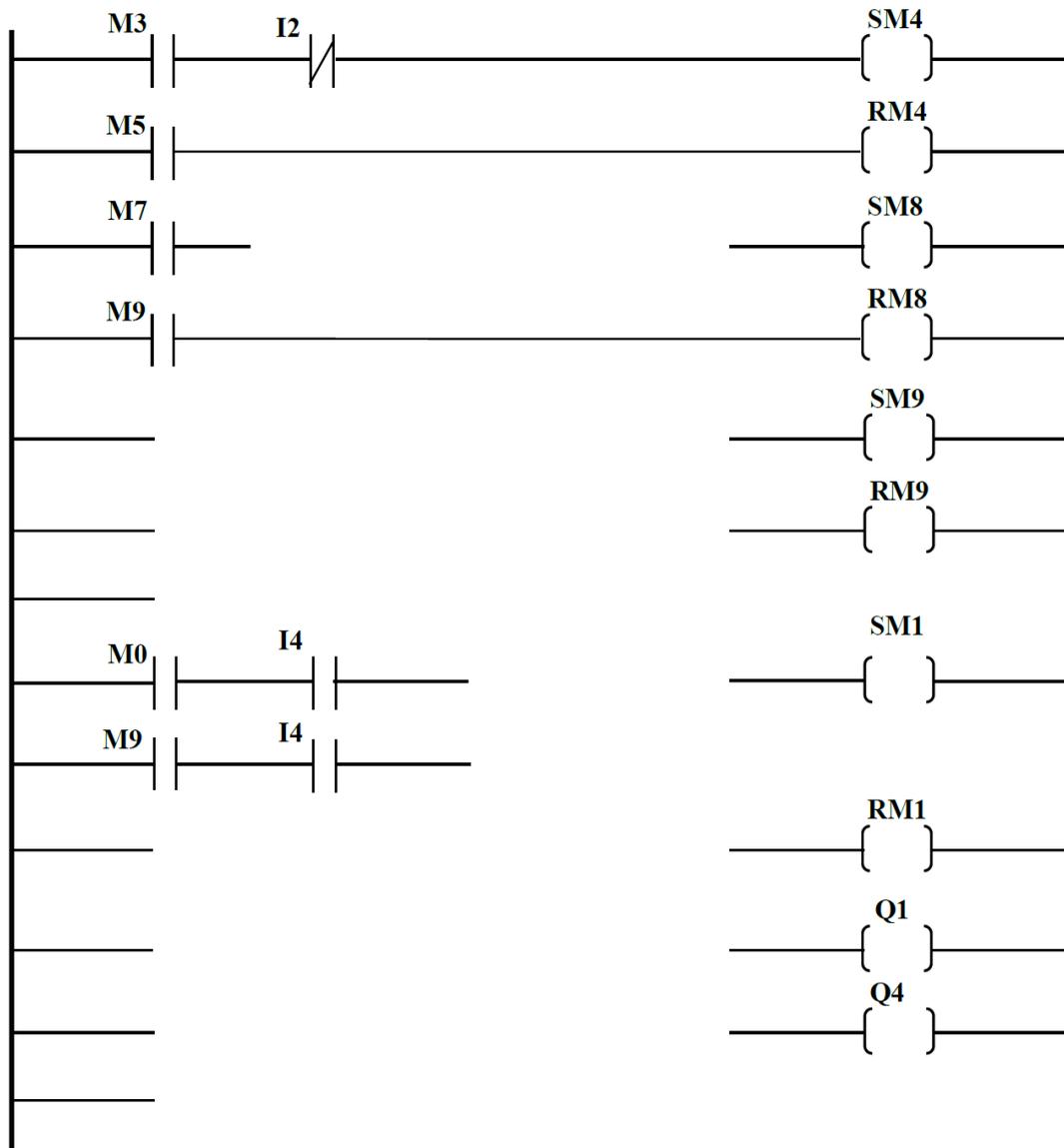
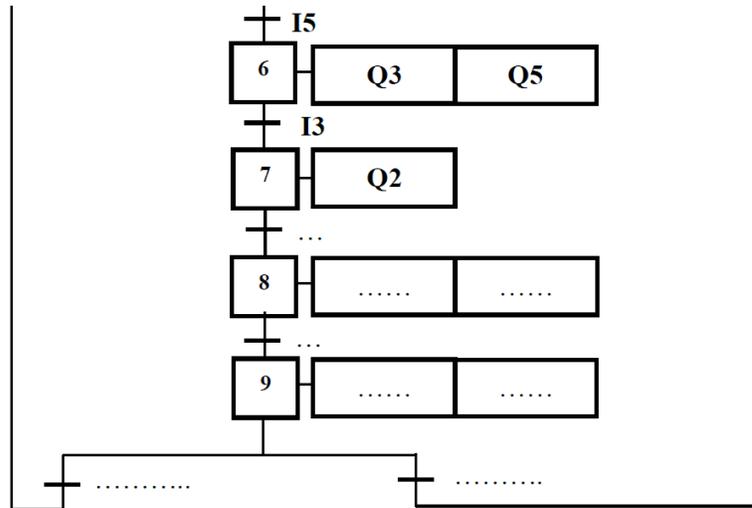
Fonction de l'entrée	Détecteur/Consigne	Variable d'entrée API
Départ cycle	dcy	I1
Pièce en position de levage	p1	I2
Présence pièce sur le convoyeur C <sub>2</sub>	p2	I3
Chariot en position droite	d	I4
Chariot en position gauche	g	I5
Électroaimant en position basse	b	I6
Électroaimant en position haute	h	I7
Marche cycle par cycle	mcc	I8
Marche automatique	ma	I9

Tableau d'affectation des sorties

Action	Variable de sortie API
Mettre en marche le convoyeur C <sub>1</sub>	Q1
Mettre en marche le convoyeur C <sub>2</sub>	Q2
Saisir/maintenir la pièce par l'électroaimant	Q3
Monter l'électroaimant	Q4
Descendre l'électroaimant	Q5
Déplacer le chariot à droite	Q6
Déplacer le chariot à gauche	Q7

Q47- [4 pts]





**Exercice : Examen national 2021, session de rattrapage**

Les différentes fonctionnalités séquentielles du système sont décrites par le GRAFCET global du point de vue fonctionnel donné au document ressources **DRES 03**.

Le GRAFCET de sécurité arrête la production (force le GRAFCET de production à son état initial) en cas d'éventuel défaut ou après un arrêt d'urgence.

**Tâche 1 : GRAFCET et programme LADDER**

En se référant aux documents ressources **DRES 03** et **DRES 04**, compléter :

**Q37-** *Le GRAFCET du point de vue API.*

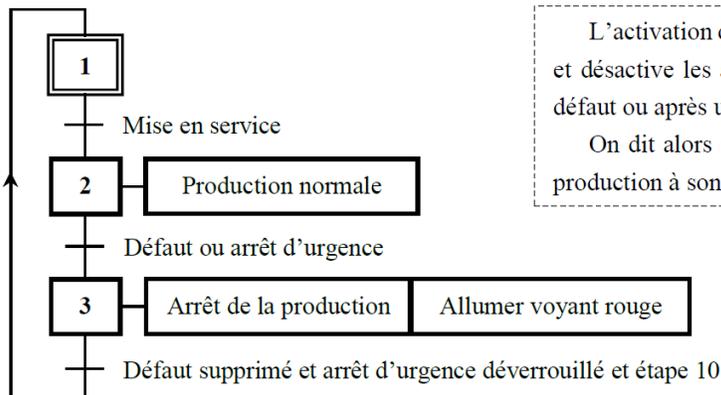
**5 pts**

**Q38-** *Le programme Ladder correspondant :*

**6 pts**

- *aux étapes 10,11 et 15 ;*
- *aux actions TT4 et Q6.*

## GRAFCET fonctionnel du système

**DRES 03**GRAFCET de sécurité

L'activation de l'étape 3 du GRAFCET de sécurité active l'étape 10 et désactive les autres étapes du GRAFCET de production en cas de défaut ou après un arrêt d'urgence.

On dit alors que le GRAFCET de sécurité force le GRAFCET de production à son état initial lorsque l'étape 3 est active.

GRAFCET de production

### Configuration matérielle de l'A.P.I et langage LADDER

**DRES 04**

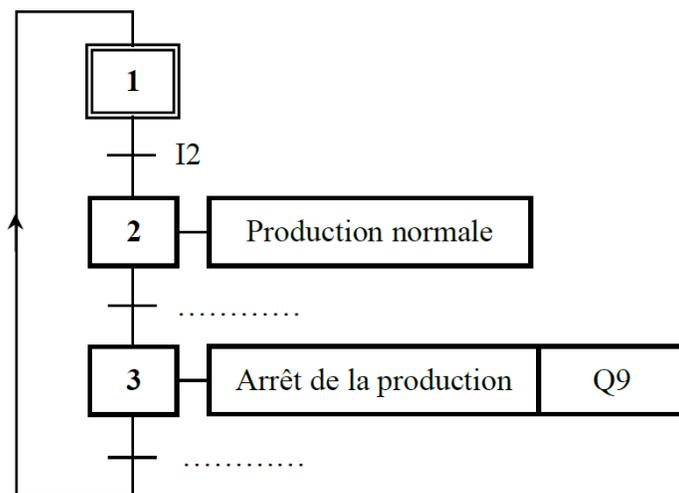
#### Identification et affectation des sorties

Actions/Messages/Temporisations	Actionneurs	Préactionneurs	Sorties API
Démarrer élévateur	Moteur <b>M1</b>	Contacteur de ligne <b>KM1</b>	<b>Q1</b>
Démarrer transporteur	Moteur <b>M2</b>	Contacteur de ligne <b>KM2</b>	<b>Q2</b>
Démarrer concasseur en étoile	Moteur <b>M3</b>	Contacteur de ligne <b>KM3</b>	<b>Q3</b>
		Contacteur étoile <b>KM4</b>	<b>Q4</b>
Démarrer concasseur en triangle	Moteur <b>M3</b>	Contacteur de ligne <b>KM3</b>	<b>Q3</b>
		Contacteur triangle <b>KM5</b>	<b>Q5</b>
Nettoyer le gravier	Électrovanne <b>EV</b>		<b>Q6</b>
Absence du camion en position de déchargement	Voyant orange <b>H1</b>		<b>Q7</b>
Présence du camion en position de déchargement	Voyant vert <b>H2</b>		<b>Q8</b>
Défaut ou un arrêt d'urgence	Voyant rouge <b>H3</b>		<b>Q9</b>
Temporisation 5 s	Temporisateur interne n°1 de l'API		<b>TT1</b>
Temporisation 4 s	Temporisateur interne n°2 de l'API		<b>TT2</b>
Temporisation 3 s	Temporisateur interne n°3 de l'API		<b>TT3</b>
Temporisation 10 min	Temporisateur interne n°4 de l'API		<b>TT4</b>

#### Identification et affectation des entrées

Consignes/Comptes rendus	Boutons/Capteurs	Entrées API
Initialisation	Bouton poussoir <b>Iinit</b>	<b>I1</b>
Mise en service du système	Bouton poussoir <b>S1</b>	<b>I2</b>
Départ cycle	Bouton poussoir <b>S2</b>	<b>I3</b>
Arrêt d'urgence	Bouton poussoir <b>S3</b>	<b>I4</b>
Camion en position de déchargement	Détecteur électromécanique <b>P</b>	<b>I5</b>
Présence d'un défaut	Capteurs (couple, courant...)	<b>I6</b>
Fin de la temporisation de 5 s	Contact interne <b>T1</b> du temporisateur n°1	
Fin de la temporisation de 4 s	Contact interne <b>T2</b> du temporisateur n°2	
Fin de la temporisation de 3 s	Contact interne <b>T3</b> du temporisateur n°3	
Fin de la temporisation de 10 min	Contact interne <b>T4</b> du temporisateur n°4	

GRAFCET de sécurité



GRAFCET de production

