

5. Mise en œuvre du GRAFCET

1. MISE EN EQUATION DU GRAFCET

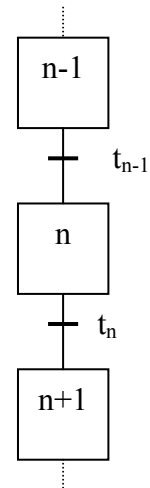
1.1. objectif

Soit la partie de grafcet représentée par la figure ci-contre. Pour décrire l'activité de l'étape n, nous utiliserons la notation suivante:

$$\begin{cases} X_n = 1 & \text{si l'étape n est active :} \\ X_n = 0 & \text{si l'étape n est inactive,} \end{cases}$$

La réceptivité t_n , étant une variable binaire, a pour valeur :

$$\begin{cases} t_n = 0 & \text{si la réceptivité est fausse,} \\ t_n = 1 & \text{si la réceptivité est vrai.} \end{cases}$$



Les règles d'évolution du GRAFCET (cf. chapitre règles) sont le point de départ des équations logiques.

BUT : Déterminer les variables qui interviennent dans l'activité de l'étape n : $X_n = f(?)$

1.2. mise en équation d'une étape

- 2^{ème} règle :

*Une transition est soit **validée**, soit **non validée**. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne peut être franchie que :*

- *lorsqu'elle est validée,*
- *ET que la réceptivité associée à la transition est VRAIE*

→ La traduction de cette règle donne la Condition d'Activation de l'étape n :

$$\boxed{CAX_n = X_{n-1} \cdot t_{n-1}}$$

- **3^{ème} règle :**

Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

→ La traduction de cette règle donne la Condition de Désactivation de l'étape n :

$$\boxed{CDX_n = X_n \cdot t_n = X_{n+1}}$$

- Si la CA et la CD de l'étape n sont fausses, l'étape n reste dans son état. C'est ce qu'on appelle l'effet mémoire (cf. chapitre logique séquentielle) . C'est à dire que l'état de X_n à l'instant $t+\delta t$ dépend de l'état précédent de X_n à l'instant t

D'après ces trois points précédents, on peut donc écrire : $\boxed{X_n = f(CAX_n, X_n, CDX_n)}$

Il est alors possible d'écrire la table de vérité de l'activité de l'étape n : X_n

$X_n (T)$	CAX_n	CDX_n	$X_n (T+\delta T)$	Remarque
0	0	0	0	L'étape reste inactive (effet mémoire)
0	0	1	0	L'étape reste inactive
0	1	0	1	Activation de l'étape
0	1	1	1	Activation ET désactivation = activation
1	0	0	1	L'étape reste active (effet mémoire)
1	0	1	0	Désactivation de l'étape
1	1	0	1	L'étape reste active
1	1	1	1	Activation ET désactivation = activation

Tableau de Karnaugh associé :

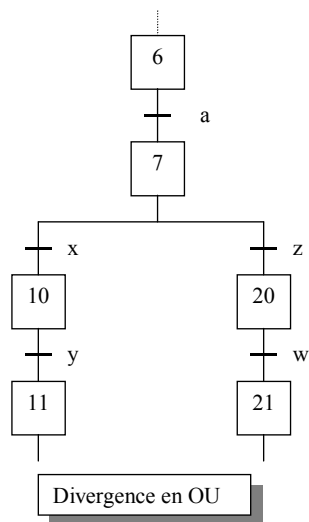
	$CAX_n CDX_n$	00	01	11	10
X_n					
0		0	0	1	1
1		1	0	1	1

Equation de X_n :

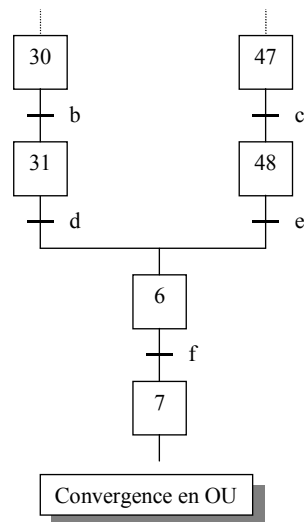
$$\boxed{X_n = CAX_n + \overline{CDX_n} \cdot X_n}$$

ou $\boxed{X_n = X_{n-1} \cdot t_{n-1} + \overline{X_{n+1}} \cdot X_n}$

1.3 Choix de séquence

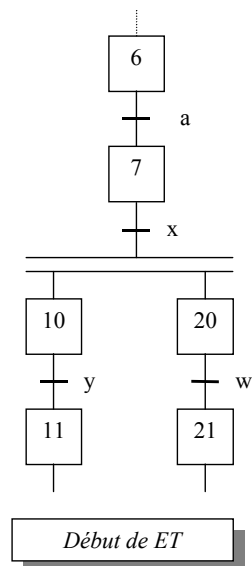


Etape	CAXn	CDXn
7	$X6 . a$	$X10 + X20$
10	$X7 . x$	$X11$
20	$X7 . z$	$X21$

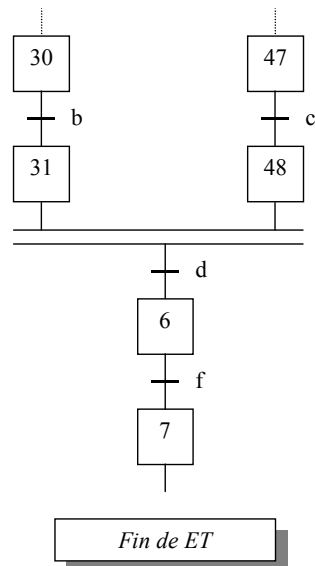


Etape	CAXn	CDXn
31	$X30 . b$	$X6$
48	$X47 . c$	
6	$X31 . d + X48 . e$	$X7$

1.4 Séquences parallèles



Etape	CAXn	CDXn
7	$X6 . a$	$X10 . X20$
10	$X7 . x$	$X11$
20		$X21$



Etape	CAXn	CDXn
31	$X30 . b$	$X6$
48	$X47 . c$	
6	$X31 . X48 . d$	$X7$

1.5 Gestion des modes Marche /Arrêt et des arrêts d'urgences

A l'initialisation du GRAFCET, toutes les étapes autres que les étapes initiales sont désactivées. Seules sont activées les étapes initiales.

Soit la variable Init telle que :

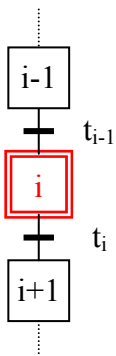
- **Init = 1** : initialisation du GRAFCET : Mode **ARRÊT**
- **Init = 0** : déroulement du cycle: Mode **MARCHE**

Soient les variables Arrêt d'Urgence (AUdur et AUdoux) telles que :

- **AUDur = 1** : Désactivation de toutes les étapes,
- **AUDoux = 1** : Désactivation des actions, les étapes restant actives.

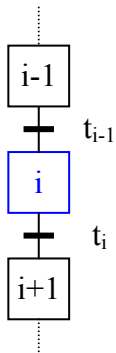
Généralisation :

- Equation d'une **étape i initiale** :



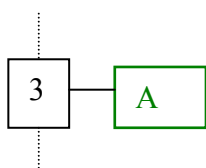
CAXi	CDXi	Equation de Xi
$X_{i-1}.t_{i-1} + Init$	$X_{i+1}.Init$	$X_i = (CAX_i + \overline{CDX_i}.X_i + Init).AUdur$

- Equation d'une **étape i non initiale** :



CAXi	CDXi	Equation de Xi
$X_{i-1}.t_{i-1}.\overline{Init}$	$X_{i+1}. + Init$	$X_i = (CAX_i + \overline{CDX_i}.X_i).\overline{Init}.AUdur$

- Equation **des actions**



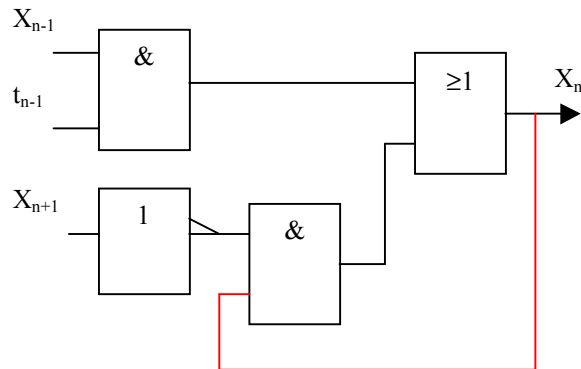
$$A = X3.AUdoux$$

2. REALISATION PAR CABLAGE

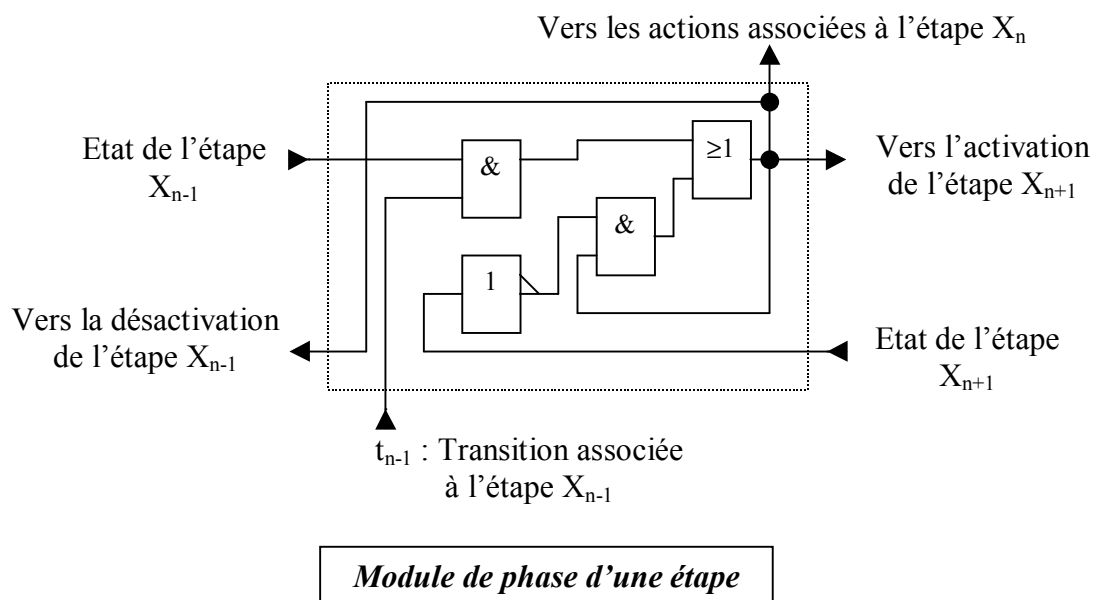
2.1. Eléments de la logique combinatoire (portes logiques)

Equation d'une étape : $X_n = X_{n-1} \cdot t_{n-1} + \overline{X_{n+1}} \cdot X_n$

Le câblage d'une étape est réalisé à l'aide de 4 portes logiques.

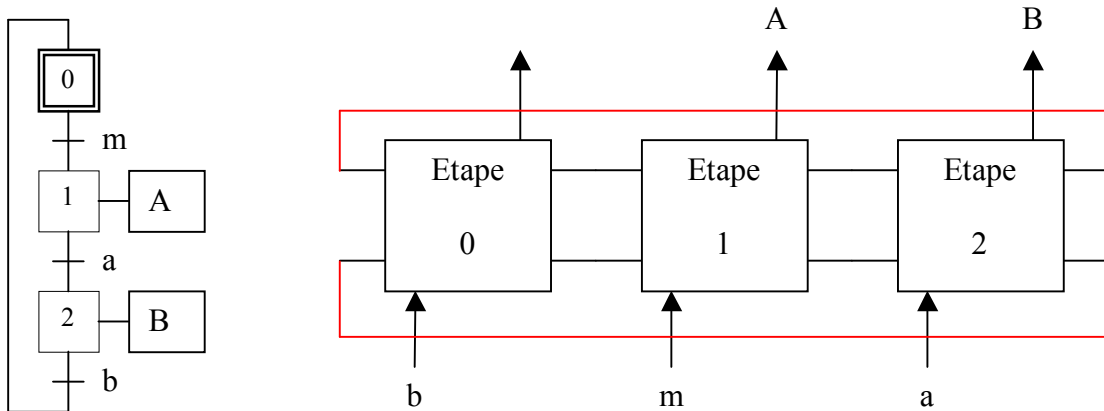


Une étape de GRAFCET se symbolise alors sous forme d'un module de phase :



Exemple : cas d'un GRAFCET à séquence unique

Chaque étape du GRAFCET sera câblée comme le module de phase décrit précédemment. On réalise alors un séquenceur électrique à base de portes logiques.



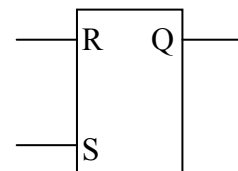
Afin de tenir compte des modes de marche et d'arrêt du GRAFCET, le module d'une étape doit intégrer l'initialisation et l'arrêt d'urgence dur comme indiquent les équations logiques des étapes du GRAFCET précédent :

Equations des étapes :

$$\begin{cases} X_0 = (X_2.b + \overline{X_1}.X_0 + Init) \overline{AUdur} \\ X_1 = (X_0.m + \overline{X_2}.X_1) \overline{Init} \overline{AUdur} \\ X_2 = (X_1.a + \overline{X_0}.X_2) \overline{Init} \overline{AUdur} \end{cases}$$

2.2. Eléments de la logique séquentielle (bascules RS)

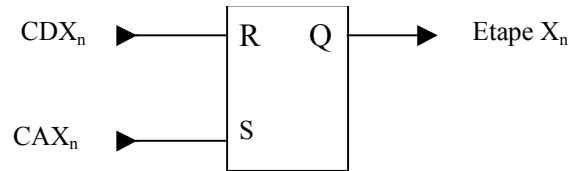
R	S	Q_{t+1}
0	0	Q_t
0	1	1
1	0	0
1	1	-



Remarque : Pour l'état $S=R=1$, la valeur de la sortie de la bascule est indéterminée. Elle dépend uniquement des composants de fabrication. Si la bascule RS est fabriquée technologiquement avec des portes NOR, il y aura mémoire à désactivation prioritaire et dans le cas de réalisation de bascules RS avec des portes **NAND**, il y aura mémoire à activation prioritaire (solution retenue pour adapter les bascules RS au GRAFCET).

2.2.1. Application au GRAFCET :

- La **condition d'activation** d'une étape est alors câblée sur le **SET** de la bascule,
- La **condition de désactivation** d'une étape est câblée sur le **RESET** de la bascule,

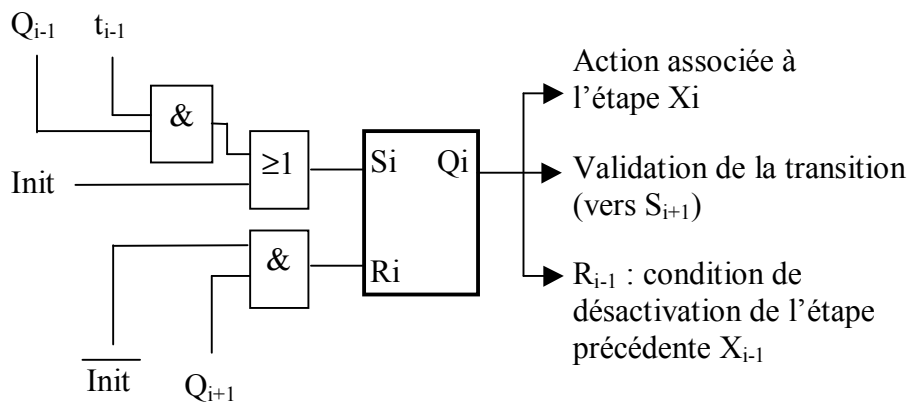


On ne tient pas compte dans les câblages suivants des arrêts d'urgence (Audur & Audoux)

→ câblage d'une étape initiale :

$$CAX_i = X_{i-1} \cdot t_{i-1} + Init$$

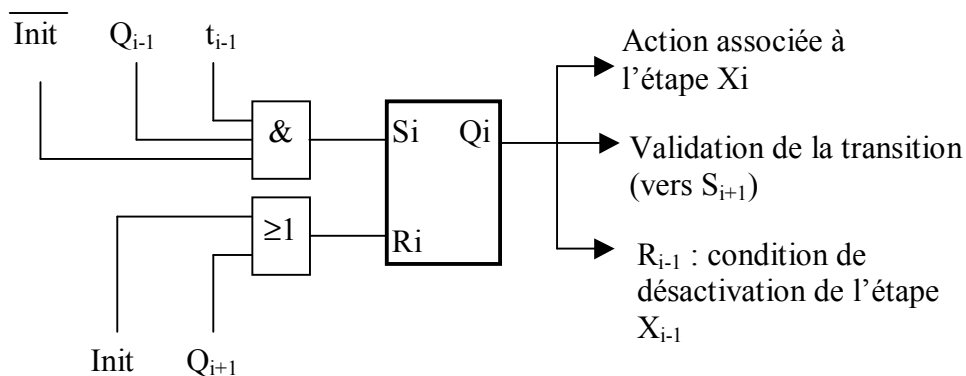
$$CDX_i = X_{i+1} \cdot \overline{Init}$$



→ câblage d'une étape NON initiale :

$$CAX_i = X_{i-1} \cdot t_{i-1} \cdot \overline{Init}$$

$$CDX_i = X_{i+1} + Init$$



2.2.2. Exemple : GRAFCET à séquence unique:

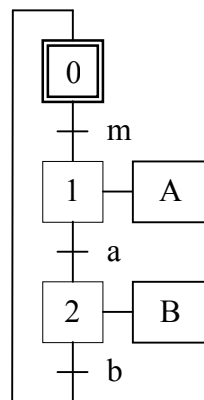
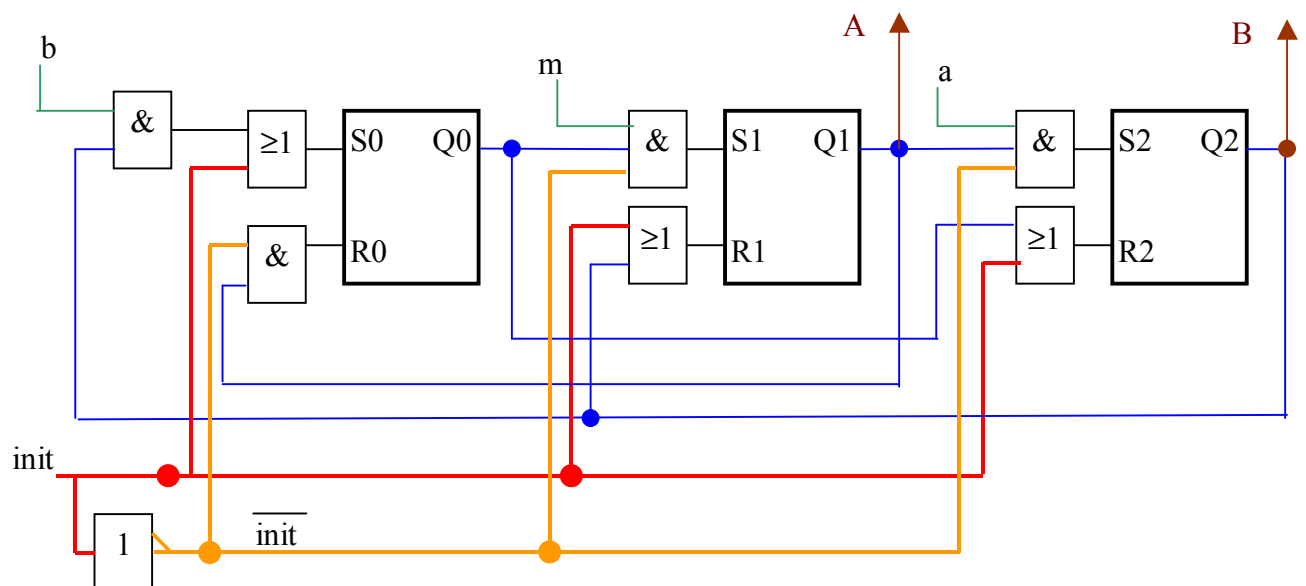


Table des conditions d'activation et de désactivation des étapes :

X_n	CAX_n	CDX_n
0	$X_2.b + Init$	$X_1.\overline{Init}$
1	$X_0.m.\overline{Init}$	$X_2 + Init$
2	$X_1.a.\overline{Init}$	$X_0 + Init$

Câblage du GRAFCET :

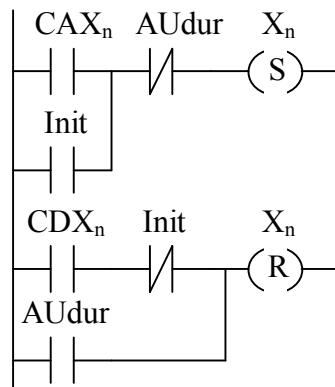


3. PROGRAMMATION DU GRAFCET DANS UN LANGAGE

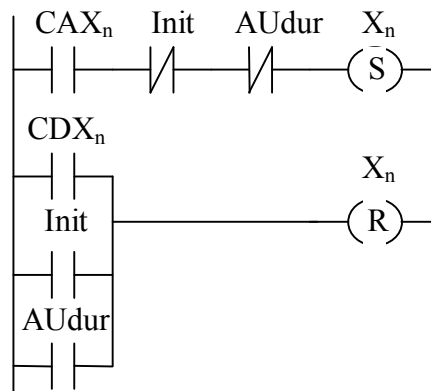
3.1. Langage à contacts (Ladder)

→ application sur automate TELEMECANIC TSX-17 (PL7-2)

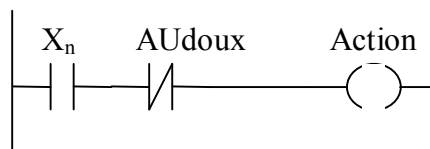
- Etape initiale :



- Etape **NON** initiale :



- Action associée à l'étape :



Exercice : Traduire en Ladder le GRAFCET suivant :

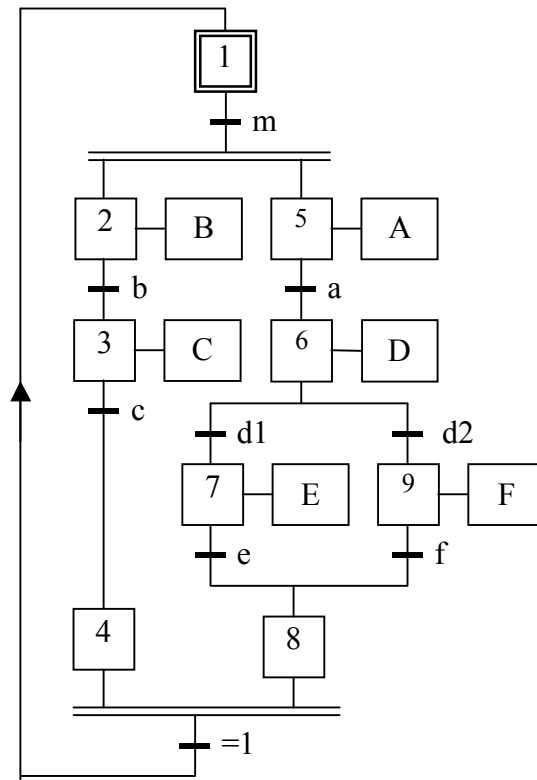
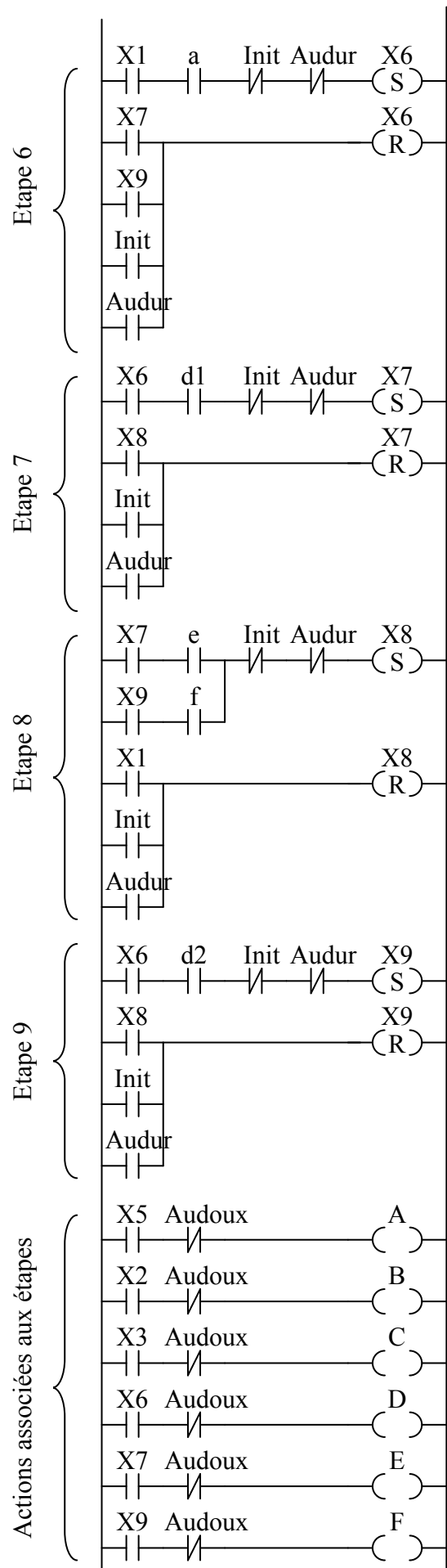
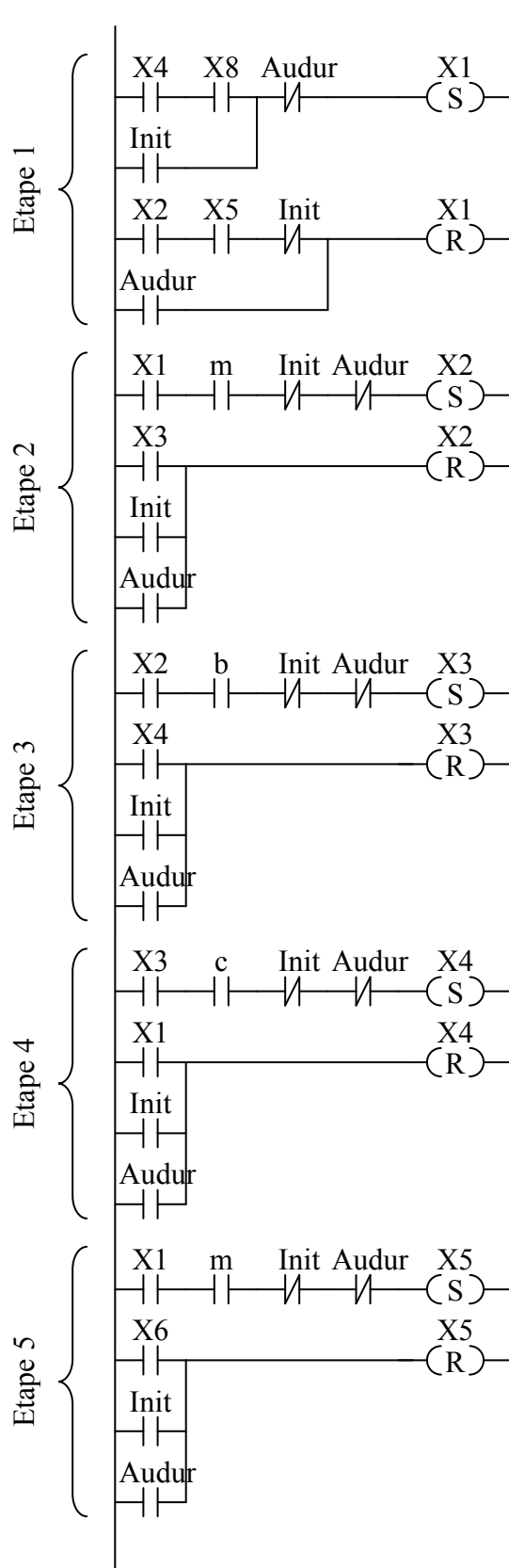


Tableau des CA et CD des étapes :

X_i	CAX_i	CDX_i
1	$X_4.X_8 + Init$	$X_2.X_5.\overline{Init}$
2	$X_1.m.\overline{Init}$	$X_3 + Init$
3	$X_2.b.\overline{Init}$	$X_4 + Init$
4	$X_3.c.\overline{Init}$	$X_1 + Init$
5	$X_1.m.\overline{Init}$	$X_6 + Init$
6	$X_5.a.\overline{Init}$	$X_7 + X_9 + Init$
7	$X_6.d1.\overline{Init}$	$X_8 + init$
8	$(X_7.e + X_9.f).\overline{Init}$	$X_1 + Init$
9	$X_6.d2.\overline{Init}$	$X_8 + init$



3.2. Langage booléen

→ application sur automate SIEMENS Série 300/400 (Step 7)

cf. TP

3.3. langage GRAFCET

→ application sur automate TELEMECANIC TSX-47 (PL7-2)

cf. TP

3.4. langage évolué

→ en Pascal, assembleur, C...

cf. 5^{ème} année