

LE GRAFCET

ou

une introduction aux Systèmes Dynamiques à Evénements Discrets

Cours d'Automatique, ENSEM 1^{ère} année

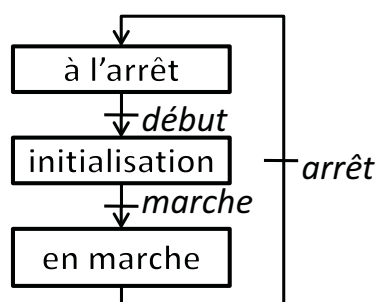
Nancy-Université
INPL

B. Marx, Maître de conférences à l'INPL
<http://perso.ensem.inpl-nancy.fr/Benoit.Marx>

1 – Introduction

- Le Grafcet est un Système Dynamique à Evénements Discrets
 - Système **dynamique** : dont l'état dépend des entrées passées et présentes
(en opposition aux systèmes statiques)
 - Système à **événements discrets** :
 - l'état du système est discret : à valeur dans un ensemble fini (en marche, à l'arrêt, etc)
 - le système répond à des événements (capteur de fin de course, mise en marche, arrêt d'urgence, etc)
(en opposition aux systèmes (à états) continus)

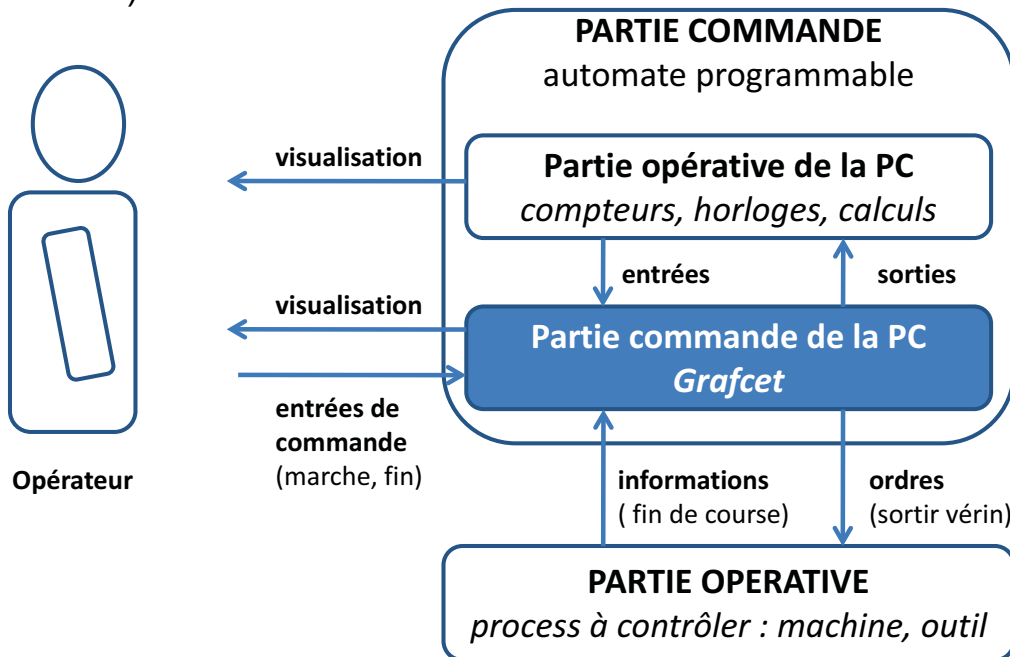
- Exemple:



-3 états : {à l'arrêt, initialisation, en marche}
-3 événements : {début, marche, arrêt}
-l'occurrence de l'événement *marche* n'a pas le même effet suivant l'état du système

1 – Introduction

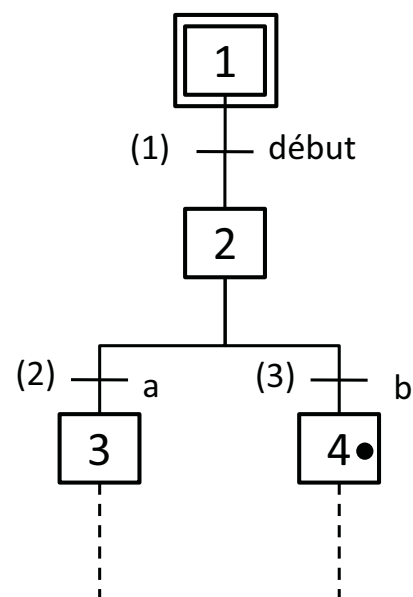
- Initialement (1977), le Grafset servait à la description des Automates Programmables Industriels (API) ...
- ... aujourd'hui il sert aussi à leur programmation (via des logiciels comme PL7)



2.1 – Description

Un grafset est un graphe orienté biparti défini par $G=(E,T,A,M_0)$

- des **étapes** (rectangles 1,2,3,4)
 - actives : marquées par un • (4)
 - inactives (2,3)
 - initiales : actives à $t=0$ (double rectangle, 1)
- des **transitions** (trait horizontal, (1), (2), (3))
 - entre des étapes
 - associées à des événements et / ou variables (début, a, b)
- des **arcs** (trait vertical)
 - d'une étape vers une transition
 - d'une transition vers une étape
- un **marquage initial**
 - Ensemble des étapes actives à $t=0$ (1, 4)



2.2 – Description des étapes

Un grafcet comporte un nombre fini d'étapes

-Une **étape** se trouve entre 2 transitions et :

- est représentée par un rectangle
- est active (•) ou inactive ()
- représente l'état du système

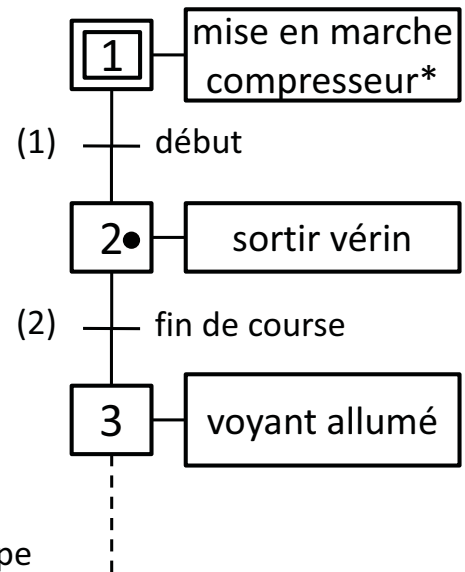
- On définit un **vecteur d'état booléen** X :

$X_i = 0$, si l'étape i est inactive ($X_3=0$)

$X_i = 1$, si l'étape i est active ($X_2=1$)

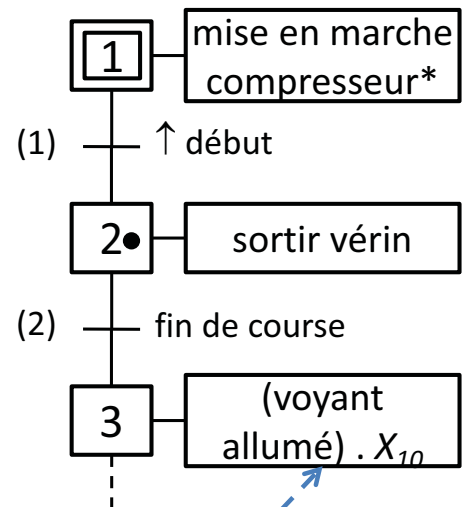
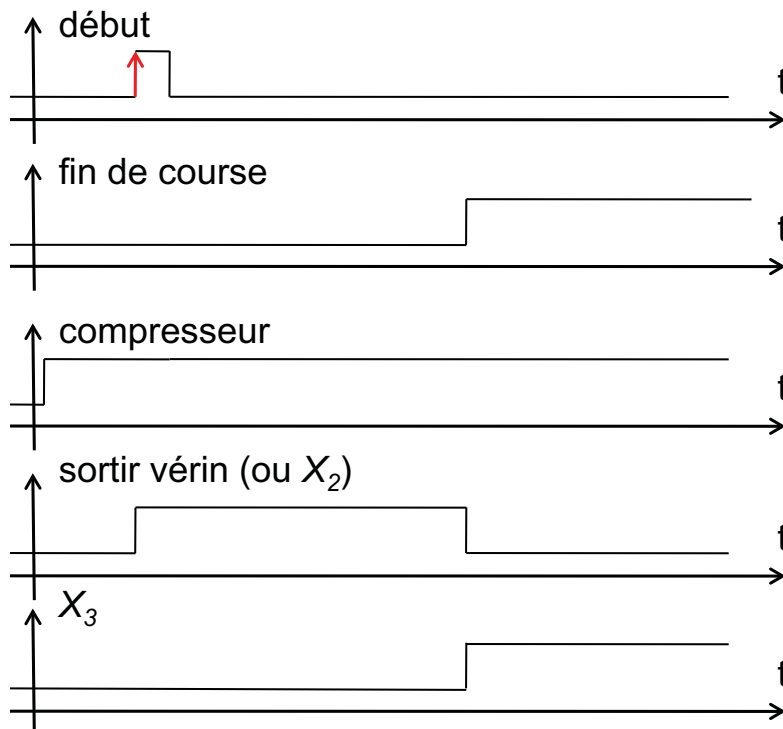
- À une étape peut être associée une **action** :

- l'action est effectuée quand l'étape est active
- on distingue 2 types d'actions :
 - les **actions à niveau**, maintenues tant que l'étape est active (sortir vérin)
 - les **actions impulsionnelles** (notées avec *), effectuées au début de l'activation (mise en marche*)



2.2 – Description des étapes

On décrit fréquemment l'évolution d'un grafcet par des chronogrammes :

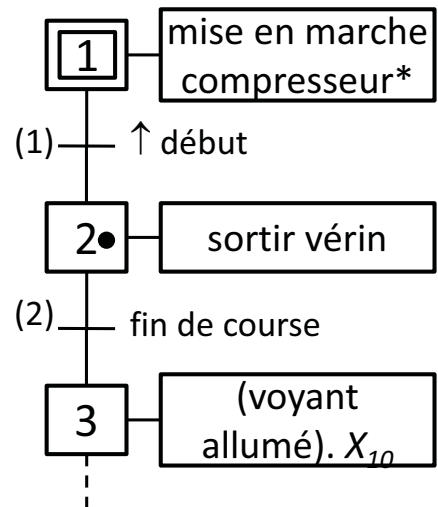


action conditionnelle :
le voyant est allumé si
3 est active ET $X_{10}=1$

2.3 – Description des transitions

Un grafcet comporte un nombre fini de transitions

- Une **transition** se trouve entre 2 étapes et :
 - est représentée par un trait horizontal
 - est **validée** si l'étape amont est active
 - représente les possibilités d'évolution du système
- Aux transitions sont associées des **réceptivités**, notées R_i , dépendant :
 - de **variables** internes (X_3) ou externes (arrêt)
 - d'**événements** internes ($\downarrow X_5$) ou externes (\uparrow début)
 - de **combinaisons** des 2
- SI (**une transition est validée**) ET (**sa réceptivité est vraie**)
=> ALORS la transition est **franchissable**

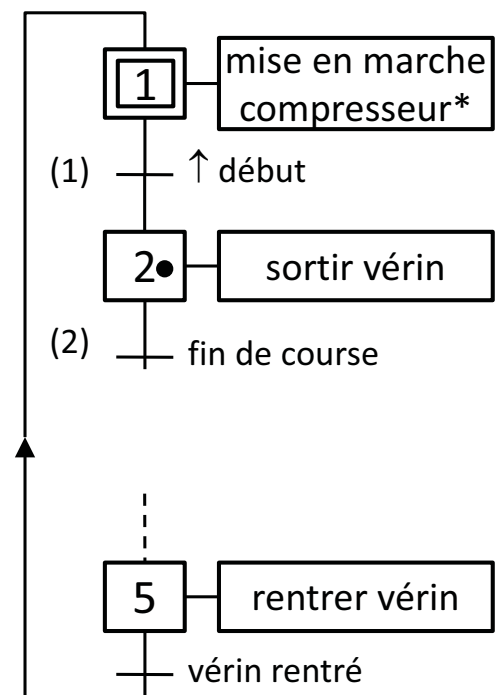


Ici 2 est active, dès que *fin de course* =1, (2) est franchissable

2.4 – Description des arcs

Un grafcet comporte un nombre fini d'arcs

- Un **arc** est représenté par :
 - un trait vertical de haut en bas
 - une flèche s'il va de bas en haut
- Un **arc** est orienté :
 - d'une étape vers une transition (de 1 vers (1))
 - d'une transition vers une étape (de (1) vers 2)
 - d'une étape vers **plusieurs** transitions
- Possibilités de convergences / divergences :
 - en OU pour modéliser les choix
 - en ET pour modéliser la simultanéité



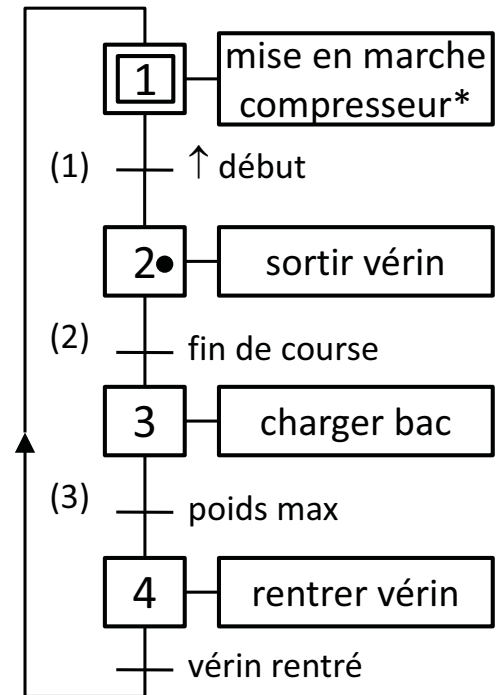
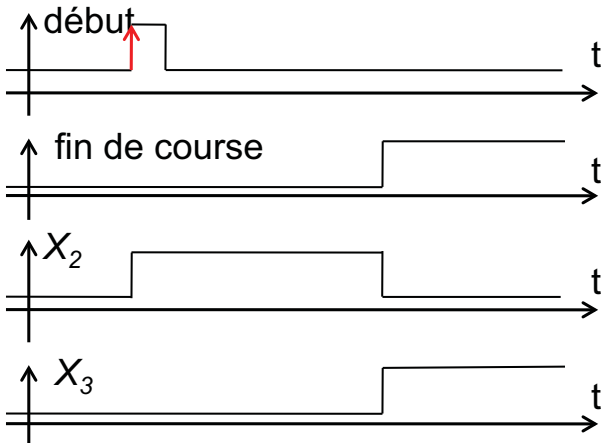
2.5 – Description du marquage

Le **marquage initial** :

ensemble fini **non vide** d'étapes actives à l'instant initial, représentées par des doubles rectangles (1).

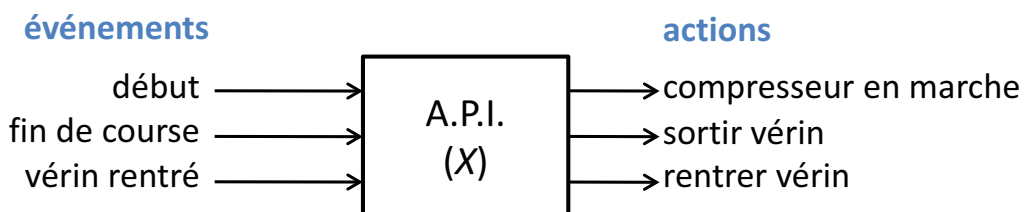
De manière générale, à un instant t , le **marquage** :

- est l'ensemble des étapes actives (•)
- décrit l'état dans lequel se trouve le système



2 – Description d'un grafcet

Pour résumer un API $G=(E,T,A,M_0)$ peut se représenter par :



Reste à détailler l'évolution (*c-à-d* les actions) au cours du temps d'un grafcet en réponse à des événements

→ besoin de **règles d'évolution** déterministes

3.1 – Règles d'évolution

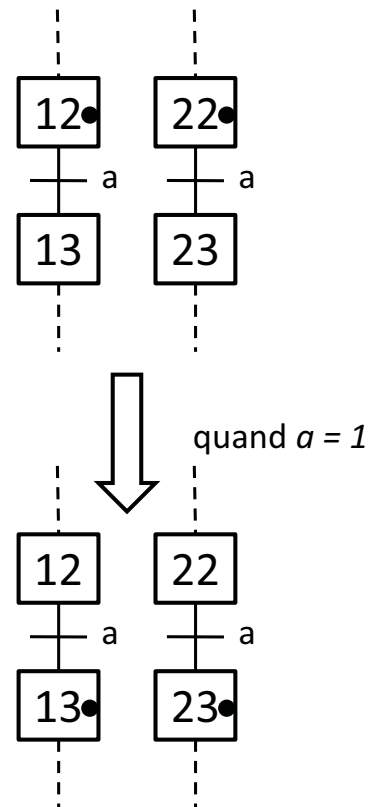
Rappel **transition franchissable** :
 (Étape(s) amont active(s)) ET (réceptivité vraie)

Règles de franchissement :

- toute transition franchissable est **immédiatement** franchie
- plusieurs transitions franchissables sont **simultanément** franchies
- Une étape devant être simultanément activée et désactivée reste **active**

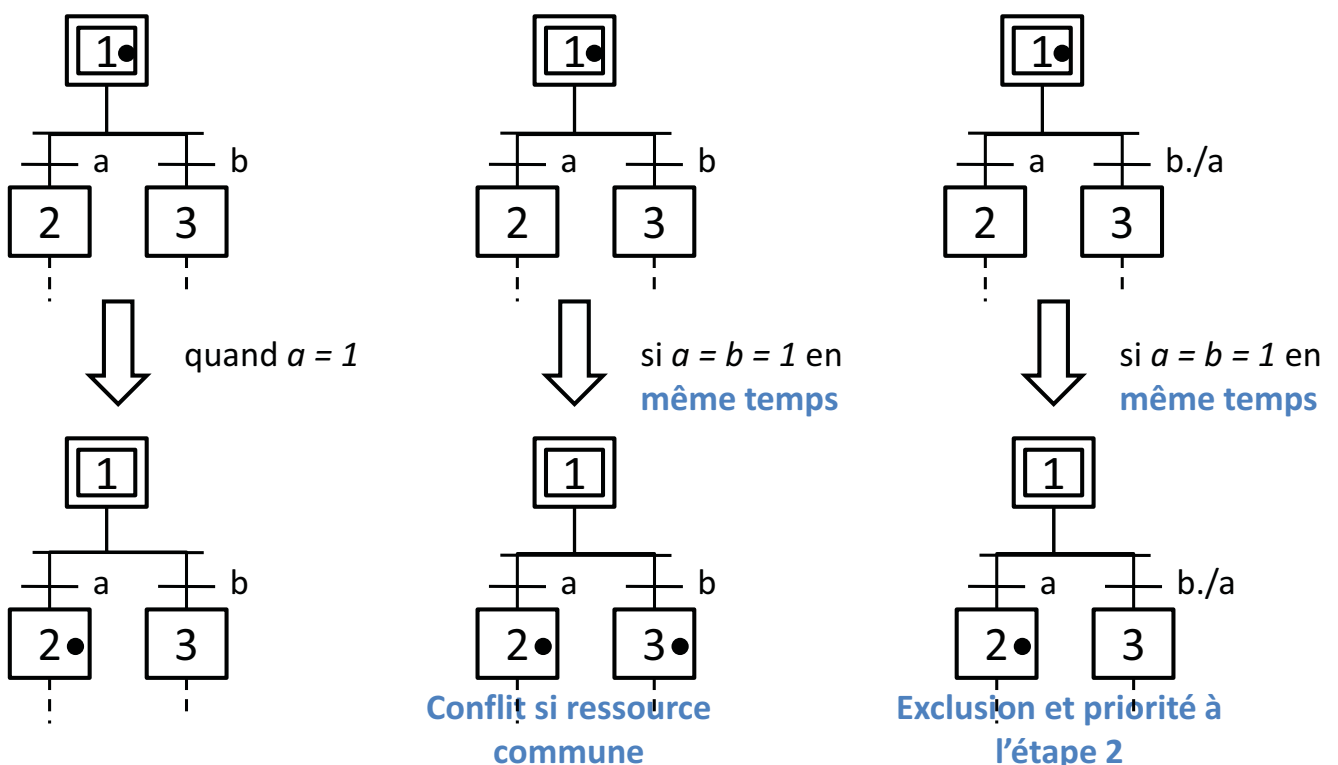
Effets d'un franchissement :

- toutes les étapes amont sont **désactivées**
- toutes les étapes aval sont **activées**



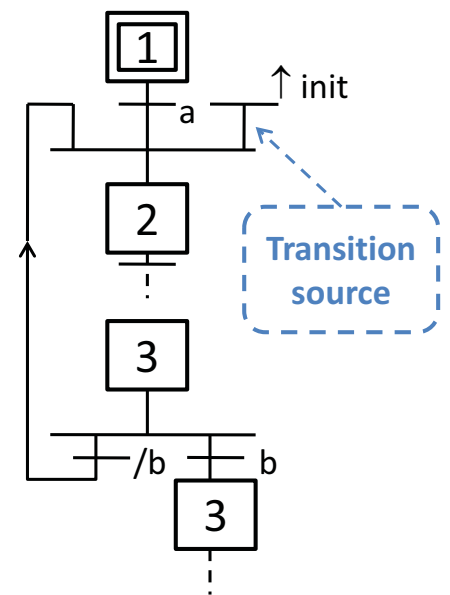
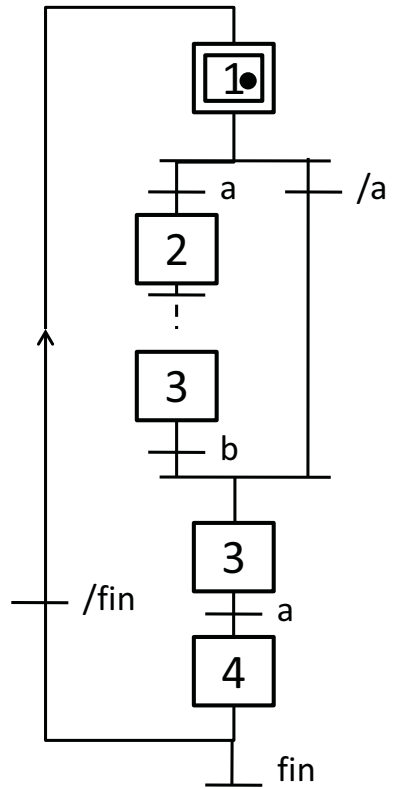
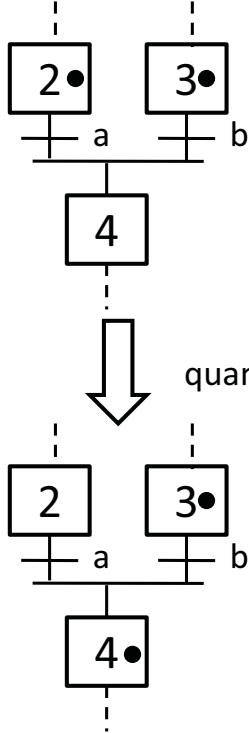
3.2 – Divergence en OU

Pour représenter un **choix**



3.2 – Divergence / convergence en OU

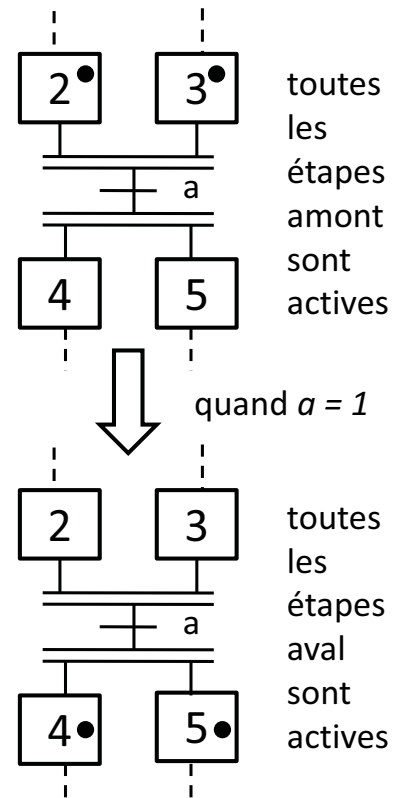
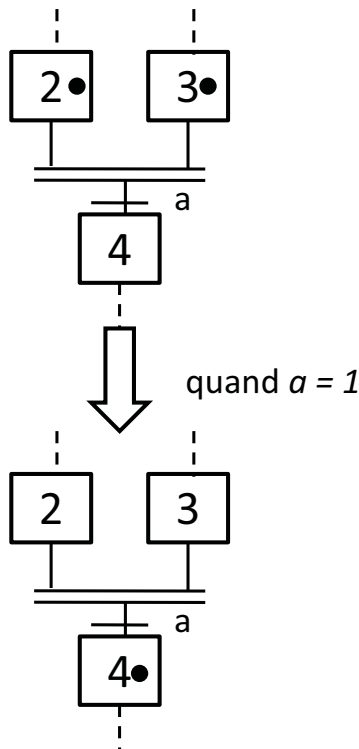
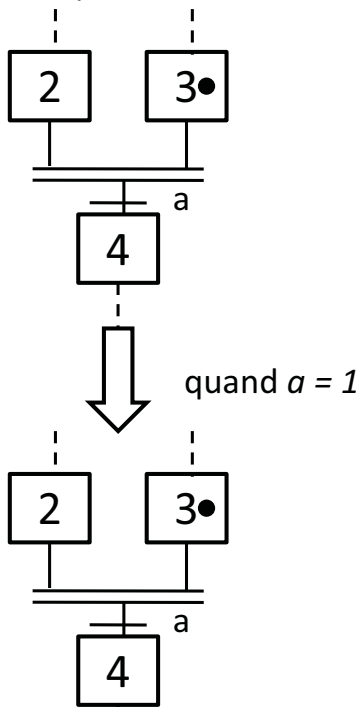
Pour représenter un **choix**



transition puits

3.3 – Divergence / convergence en ET

Pour représenter la **simultanéité**

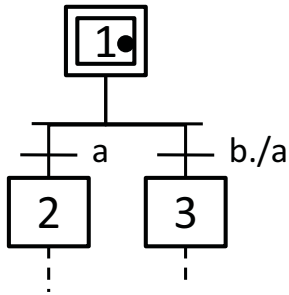


rien : toutes les étapes amont ne sont pas actives

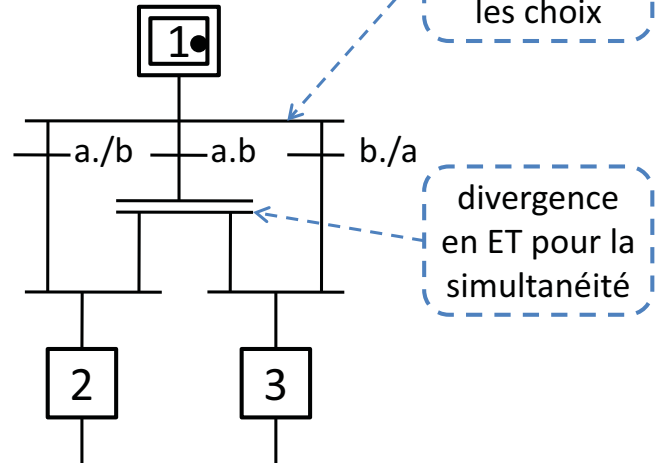
3.3 – Divergence / convergence

Retour sur la gestion du **conflit** :

- on avait proposé une exclusion, avec priorité à a



- on peut aussi autoriser les 2 (suivant le CdC)

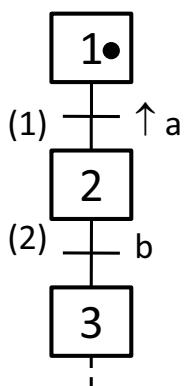


3.4 – Franchissement itéré

Il peut y avoir **plusieurs franchissements**

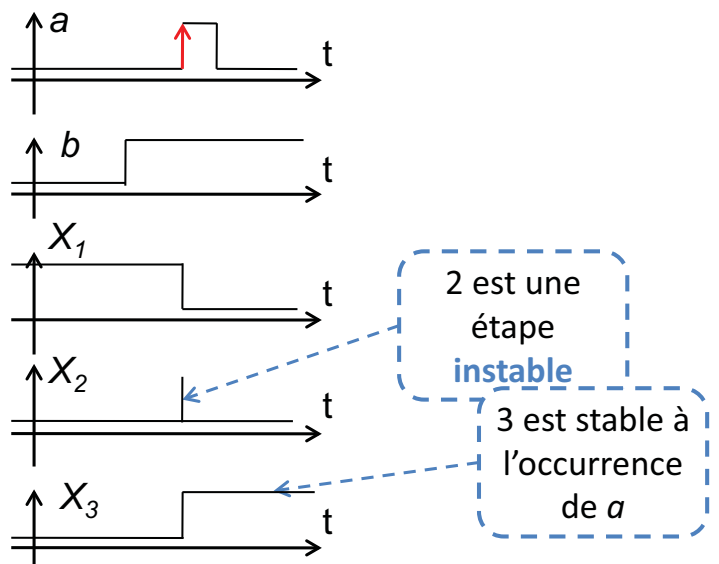
provoqués par l'occurrence d'un événement :

on parle de franchissement itéré



À l'occurrence de a :

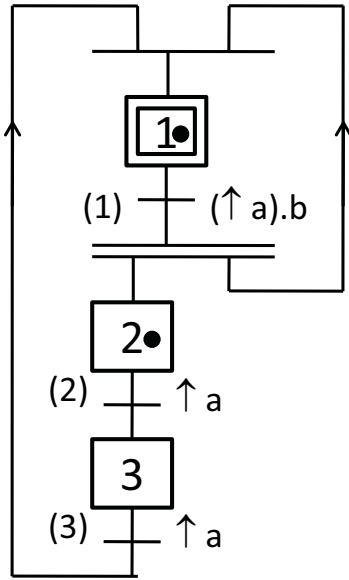
- la transition (1) est franchie
- dès que 2 est active, (2) est franchie
- l'étape 3 est alors active



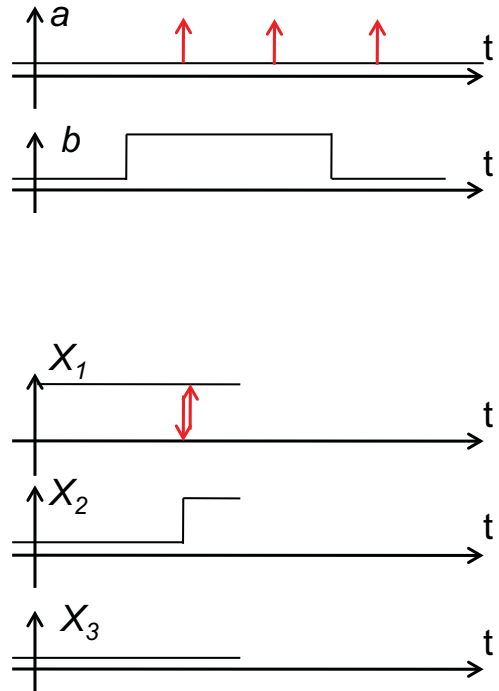
3.4 – Franchissement itéré

Rappel **règle d'évolution** :
 une étape simultanément activée
 et désactivée **reste active**

Que se passe t-il pour les entrées suivantes ?



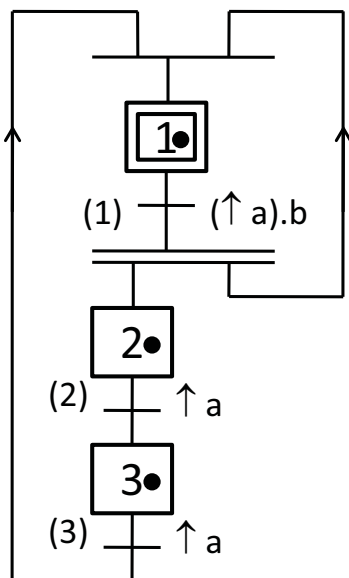
Premier front de a :
 (1) validée et franchie,
 1 désactivée et activée
 2 activée
 (2) non validée



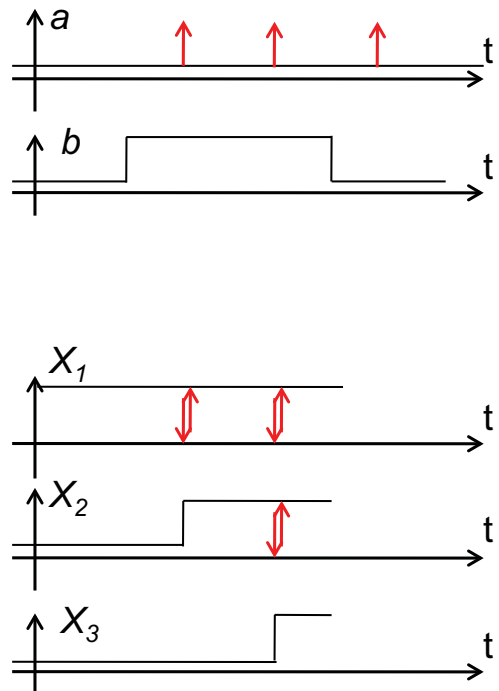
3.4 – Franchissement itéré

Rappel **règle d'évolution** :
 une étape simultanément activée
 et désactivée **reste active**

Que se passe t-il pour les entrées suivantes ?



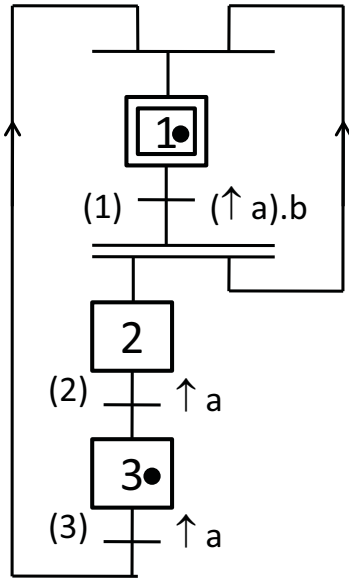
Deuxième front de a :
 (1) validée et franchie,
 → 1 désactivée et activée
 → 2 activée
 (2) validée et franchie
 → 2 désactivée
 → 3 activée



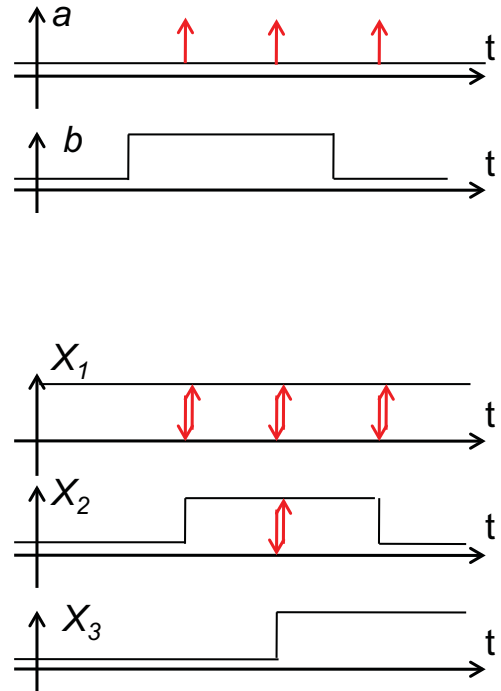
3.4 – Franchissement itéré

Rappel **règle d'évolution** :
 une étape simultanément activée
 et désactivée **reste active**

Que se passe-t-il pour les entrées suivantes ?

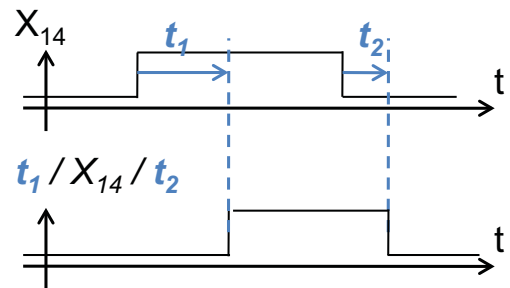


Troisième front de a :
 (1) non validée
 → 1 inchangée (activée)
 (2) validée et franchie
 → 2 désactivée
 → 3 activée
 (3) validée et franchie
 → 3 désactivée
 → 1 activée

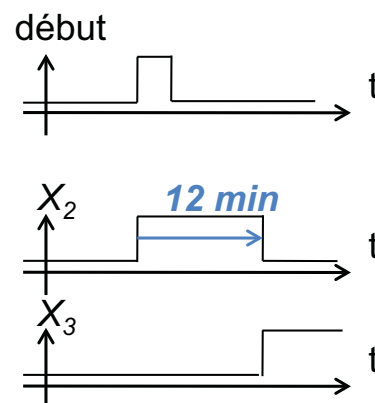
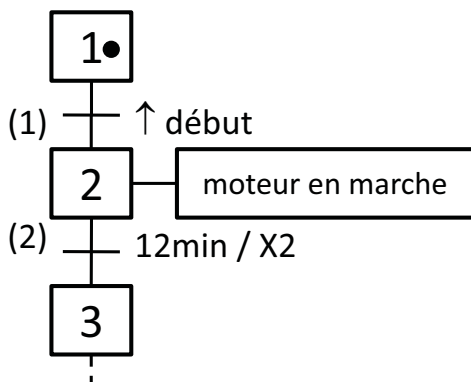


3.5 – prise en compte du temps

Pour prendre en compte la durée d'une action
 on utilise des **temporisations** dans les R_i .
 → on définit le booléen $temp = t_1 / X_{14} / t_2$
 vrai t_1 après le front montant de X_{14}
 faux t_2 après le front descendant de X_{14}

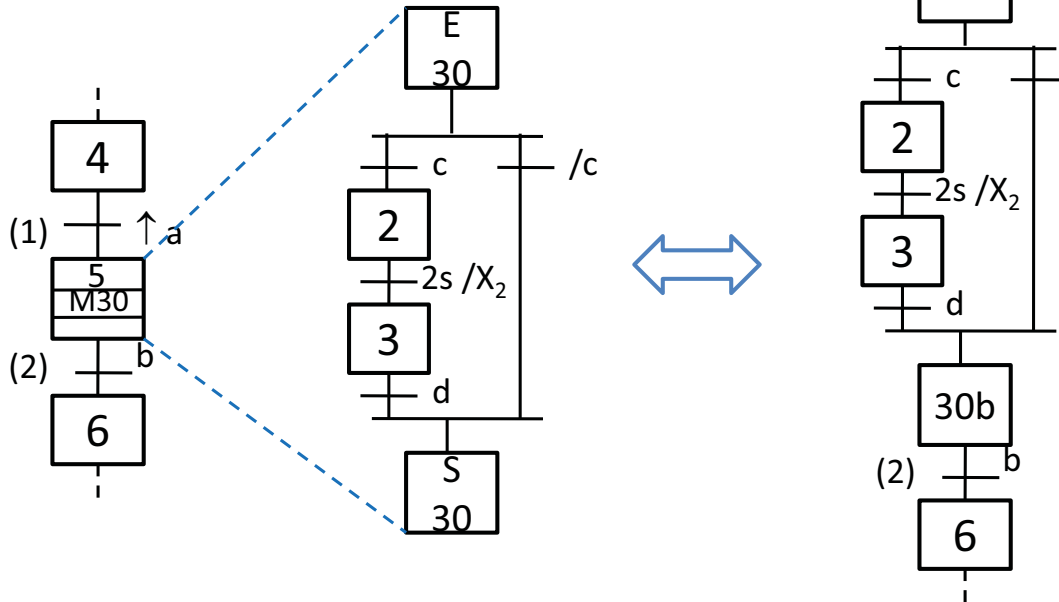


On veut faire fonctionner le moteur 12min



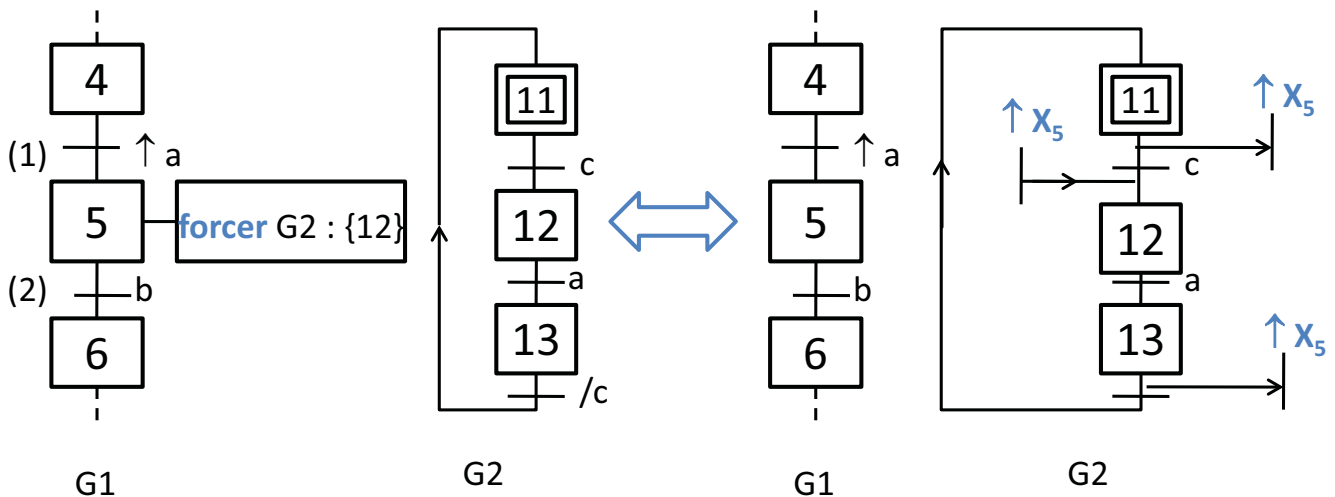
4.1 – Macroétape

Une **macroétape** est une partie de grafcet détaillée ailleurs:
 elle a une seule étape d'entrée
 elle a une seule étape de sortie



4.2 – Macroaction *forcer*

Macroaction **impulsionnelle** :
mettre un autre grafcet (G2) dans un état donné (12)
 → en ajoutant des transitions sources / puits



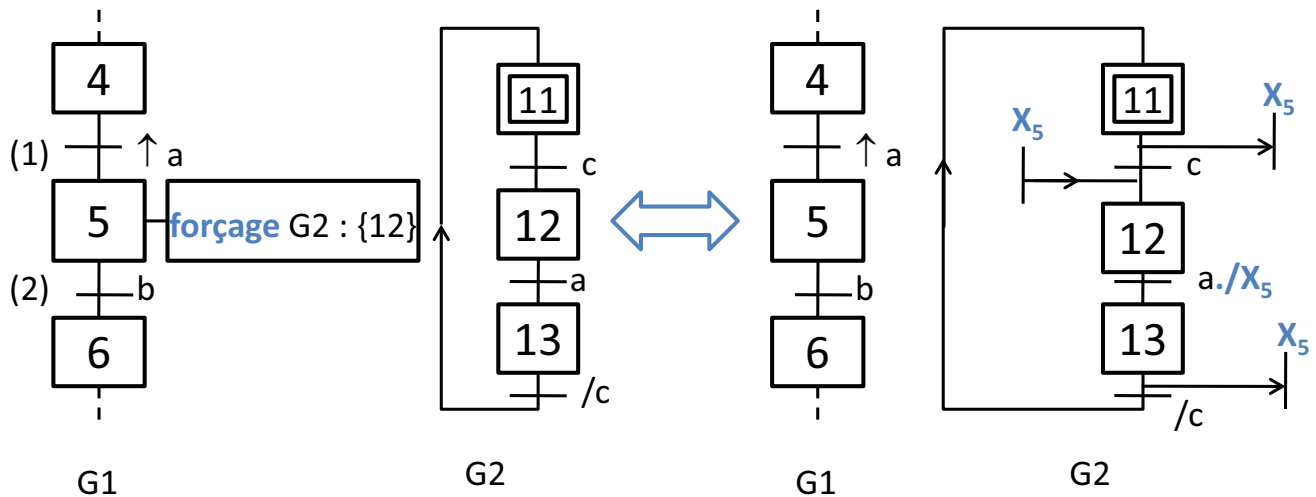
4.3 – Macroaction *forçage*

Macroaction à niveau :

maintenir un autre grafcet (G2) dans un état donné {12}

→ en ajoutant des transitions sources / puits

→ en modifiant la transition de “sortie” de {12}

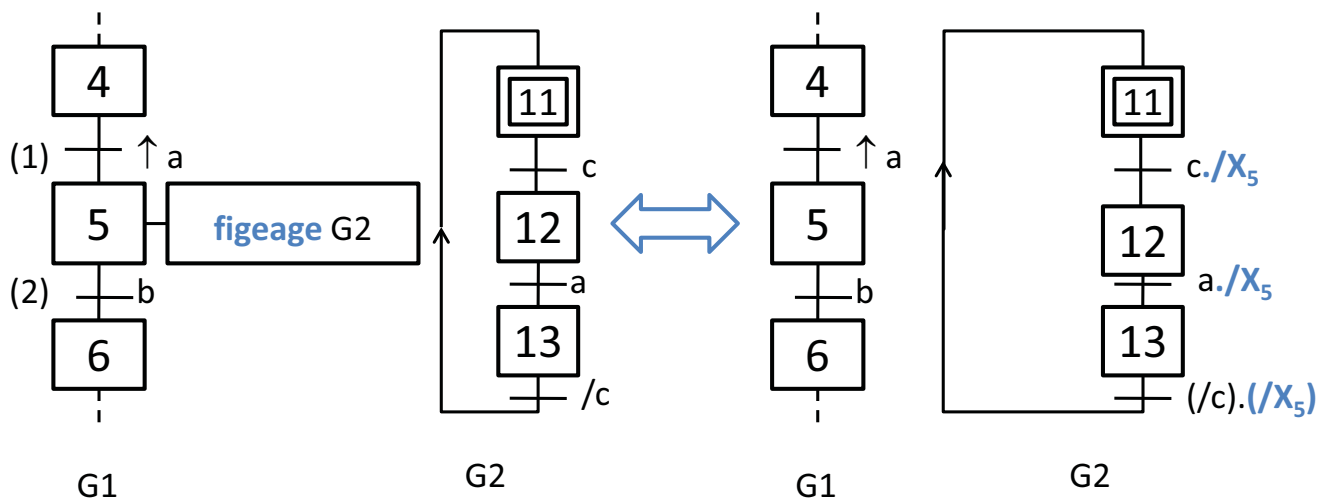


4.4 – Macroaction *figeage*

Macroaction à niveau :

bloquer un autre grafcet (G2)

→ en modifiant toutes les transitions

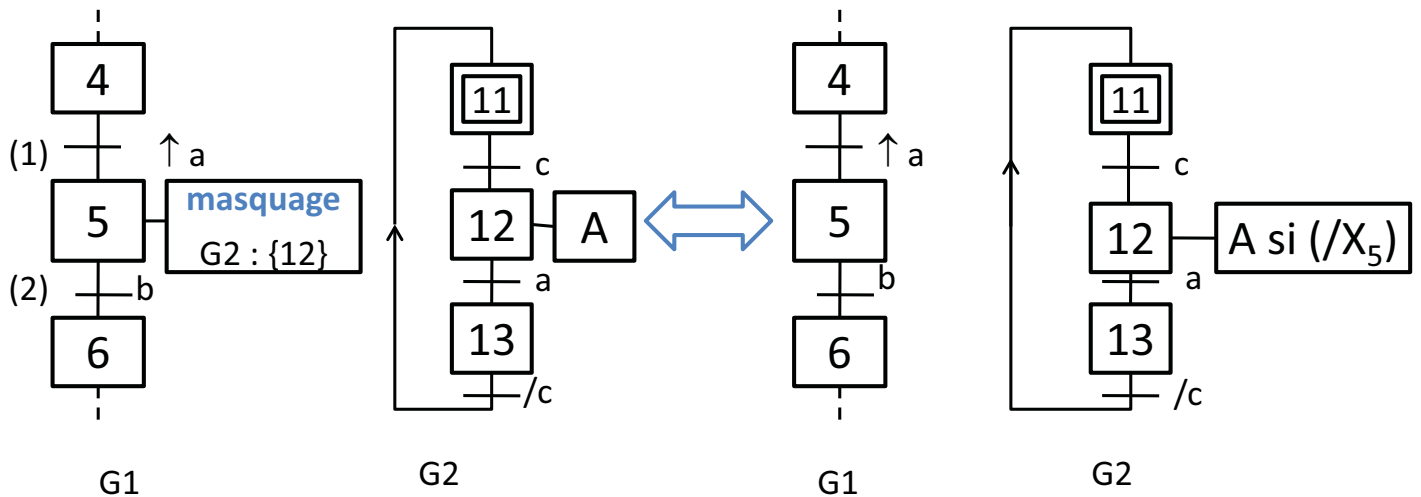


4.5 – Macroaction *masquage*

Macroaction à niveau :

Empêcher l'exécution d'une action d'un autre grafcet (G2)

→ en modifiant toutes les transitions



5 – Références

Quelques références bibliographiques :

- R. David, H. Alla, *Du grafcet aux réseaux de Petri*, ed. Hermès, 1992 (2^{nde} édition).
- J.F. Aubry, *Systèmes à Evénements Discrets : le diagramme séquentiel fonctionnel ou grafcet*, support de cours ENSEM 1A, 2007.
- AFCET, *Normalisation de la représentation du cahier des charges d'un automate logique*, rapport final de la commission AFCET, 1977.
- CEI Commission Electrotechnique Internationale, *Etablissement des diagrammes fonctionnels pour systèmes de commande*, publication n° 848, 1988.