

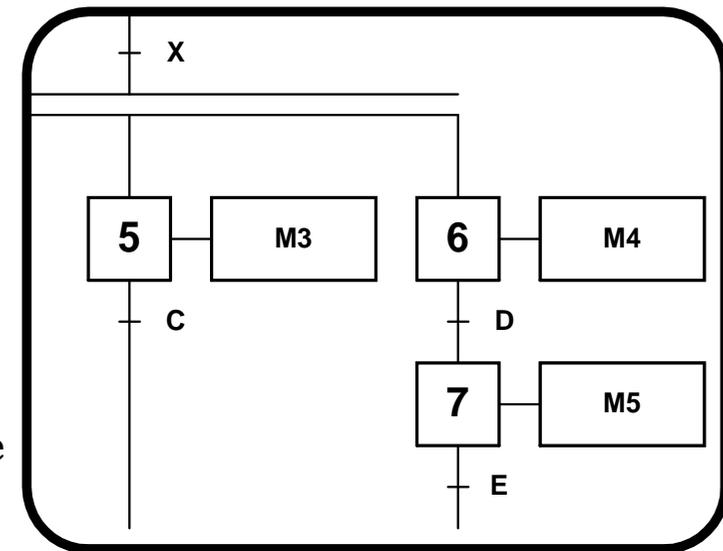
Synthèse des systèmes séquentiels à l'aide du Grafcet

Pr. Khalid BENJELLOUN

bkhalid@emi.ac.ma

Département Electrique

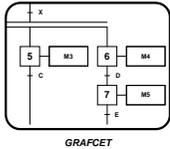
Section Automatique et Informatique Industrielle



GRAFCET

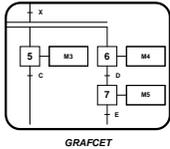
Université Mohammed V – Agdal

ECOLE MOHAMMADIA D'INGÉNIEURS



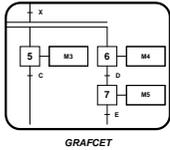
GRAphe Fonctionnel de C ommande E tape/T ransition

- **Plan**
 - Introduction
 - Les éléments du Grafcet
 - Les règles du Grafcet
 - Matérialisation du Grafcet



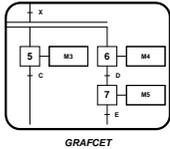
Historique

- **1975 commission AFCET**
 - rupture technologique, apparition des micro-processeurs remplaçant les relais, moteurs pas à pas, circuits logiques pneumatiques etc.
- **1977 document initial**
- **1978 diffusion dans l'enseignement**
- **1982 norme française UTE ou AFNOR C03190**
- **1987 norme internationale IEC 848**
 - Function Chart for Control Systems



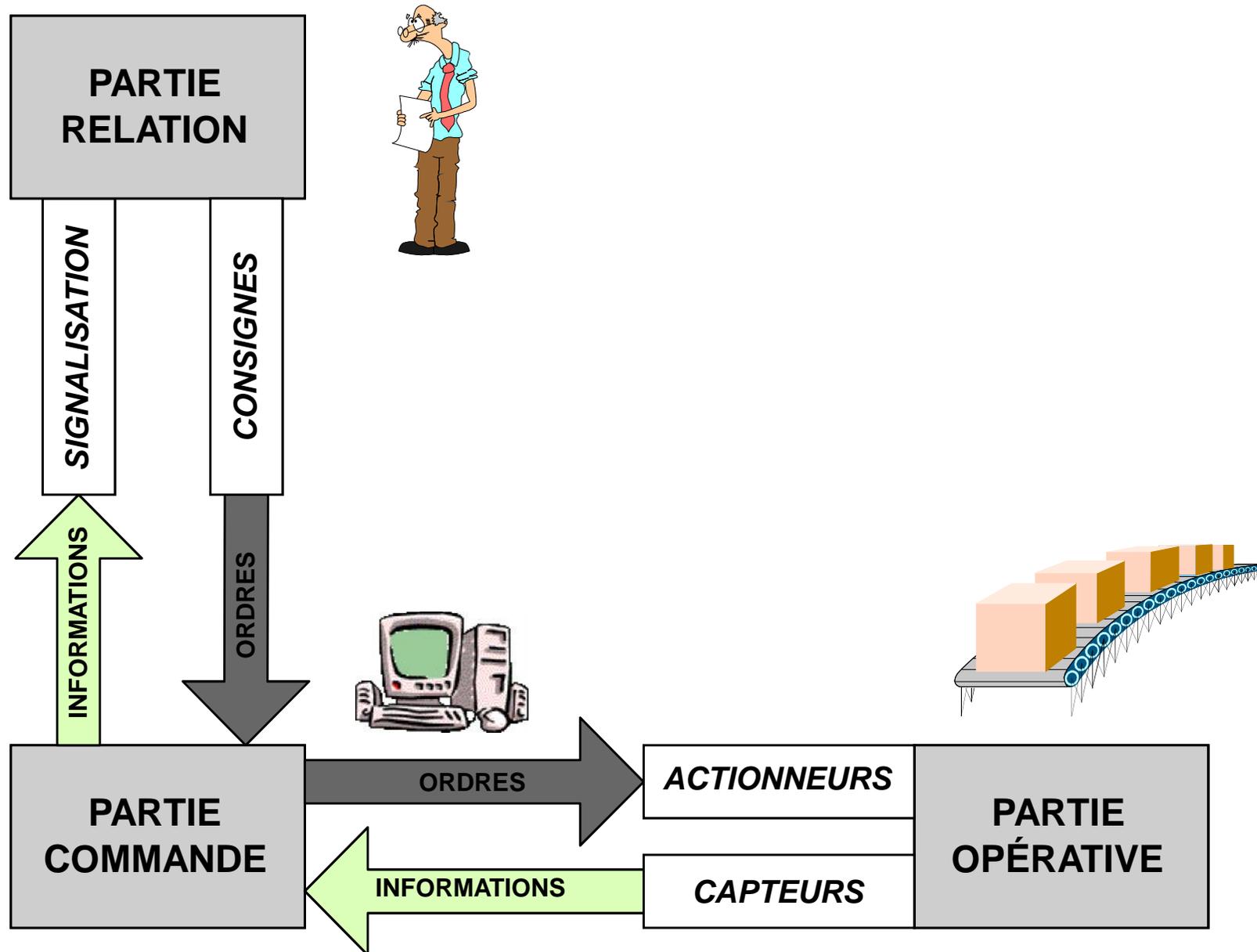
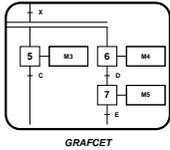
GRAFCET : niveaux de représentation

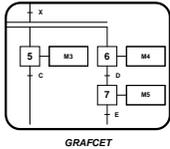
- Le GRAFCET est représenté selon deux niveaux de représentation:
 - Niveau #1: Spécifications *fonctionnelles*
 - Niveau #2: Spécifications *technologiques*



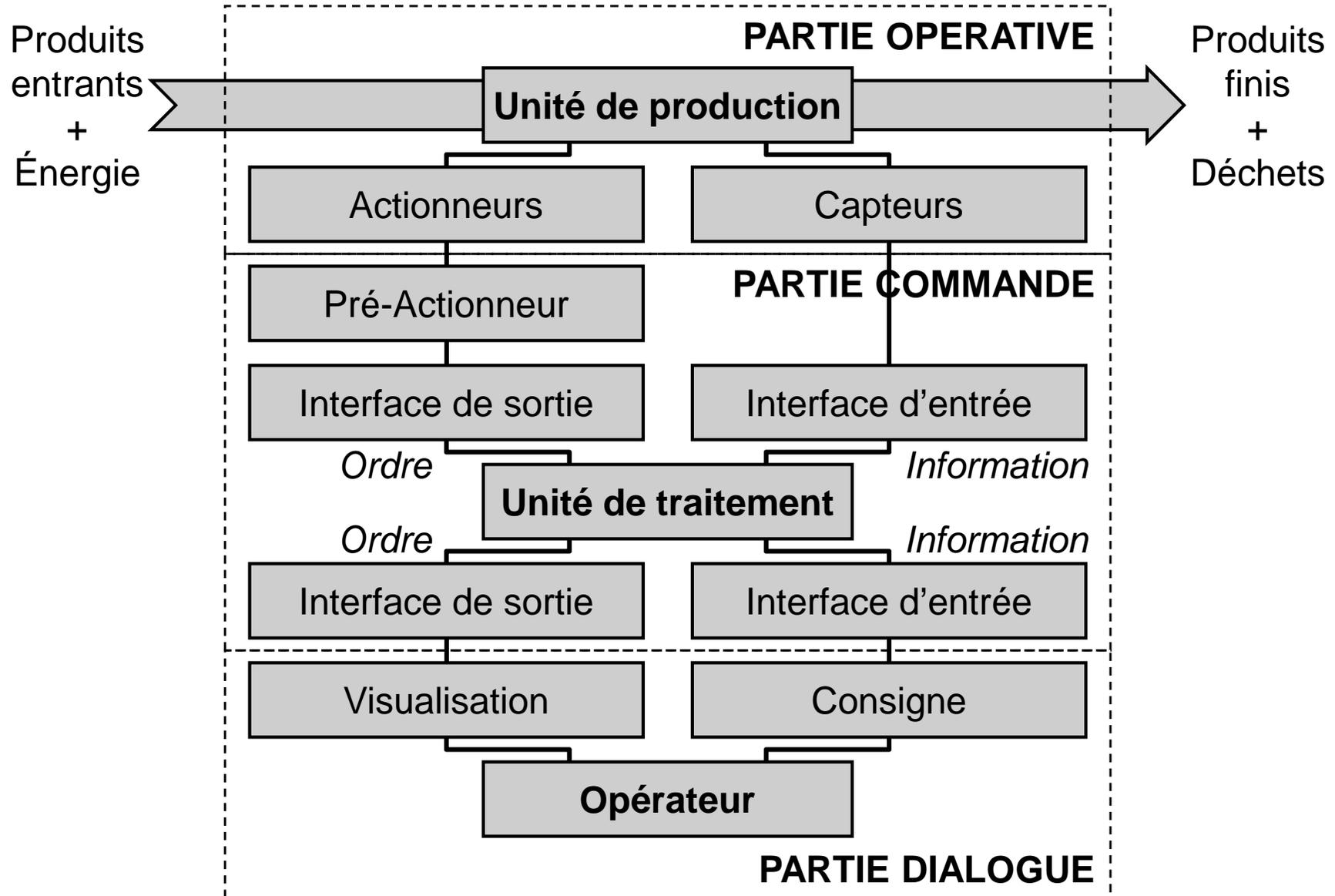
• Introduction

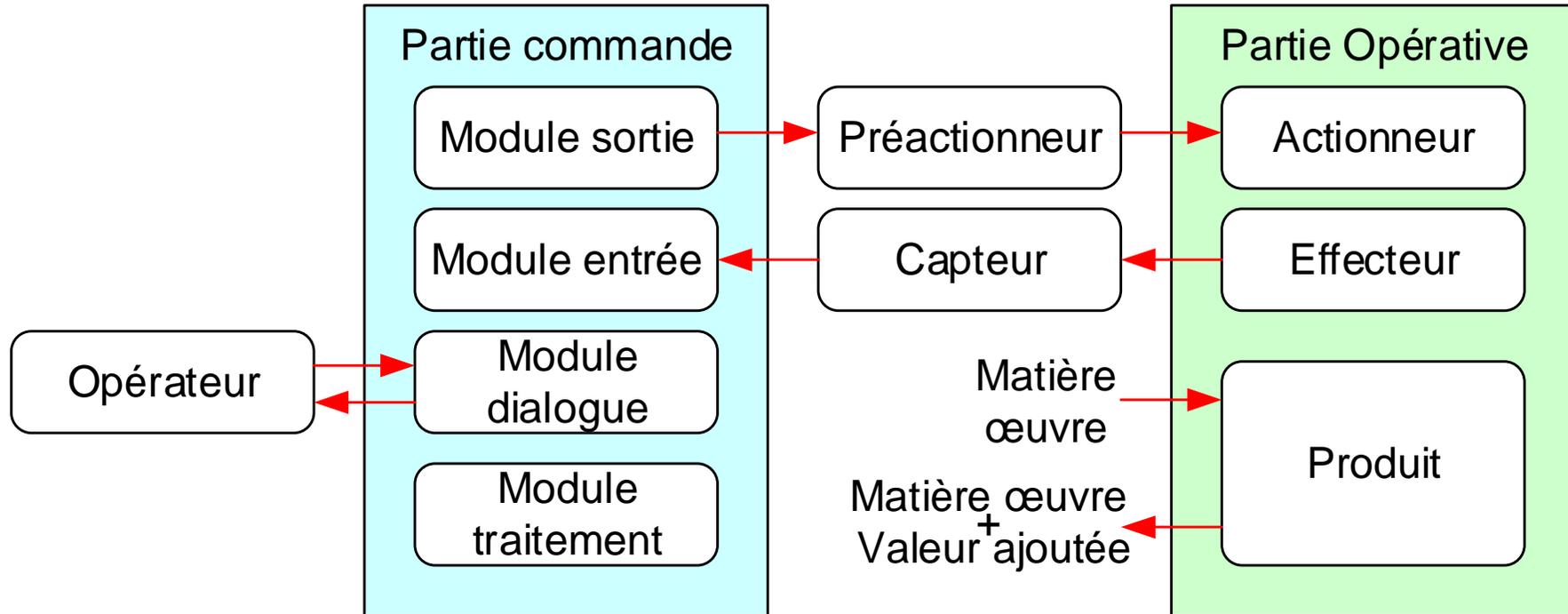
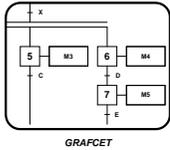
- Objectifs d'un système automatisé
 - Éliminer les tâches répétitives et rébarbatives
 - Simplifier le travail de l'homme
 - Améliorer la sécurité
 - Accroître la productivité
 - Économiser les matières premières et l'énergie
 - Assurer la qualité
 - Gérer les installations
- Architecture d'un système automatisé
 - Partie Opérative (P.O.) : elle agit sur un produit pour lui conférer une valeur ajoutée.
 - Partie Commande (P.C.) : elle permet de commander un processus.
 - Partie Relation ou dialogue : elle permet la communication entre l'homme et la machine.

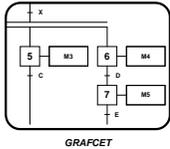




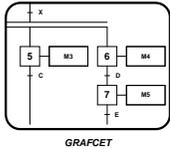
Le Grafcet



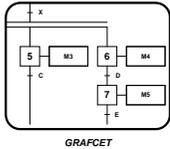




- Cahier des charges
 - Définitions : C'est un document où sont spécifiées toutes les fonctions, toutes les valeurs des grandeurs physiques et tous les modes d'utilisation du matériel.
 - Les niveaux :
 - niveau 1 : spécifications fonctionnelles. Les tâches à réaliser par le système sont décrites sans préjuger de la technologie.
 - niveau 2 : spécifications technologiques et opérationnelles. La technologie des capteurs et actionneurs est spécifiée ainsi que les différents modes de fonctionnement et les conditions de sécurité.
 - niveau 3 : documentations relatives au système (utilisation, entretien, dépannage).
 - autre niveau : Clauses juridiques, commerciales et financières.

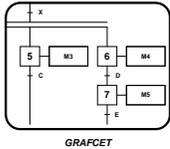


- Représentation du fonctionnement d'un automatisme
 - Le langage naturel : les fonctions de l'automatisme sont énumérées textuellement au moyen du langage quotidien qui est interprétable de différentes manières selon les individus. Ceci engendre souvent des cahier des charges ambigus et difficiles à exploiter.
 - Le langage à contact ou le diagramme en échelle (Ladder) : ils sont basés sur la représentation électrique des systèmes.
 - Le langage booléen : il utilise les logigrammes.
 - Le langage temporel : il utilise les chronogrammes.
 - Les organigrammes : ils sont plus facilement applicables à l'informatique.
 - Le GEMMA : il permet de spécifier les différents modes de fonctionnement d'un système.
 - Les réseaux de Pétri : ils sont bien adaptés à l'étude des systèmes complexes.
 - Analyse fonctionnelle.

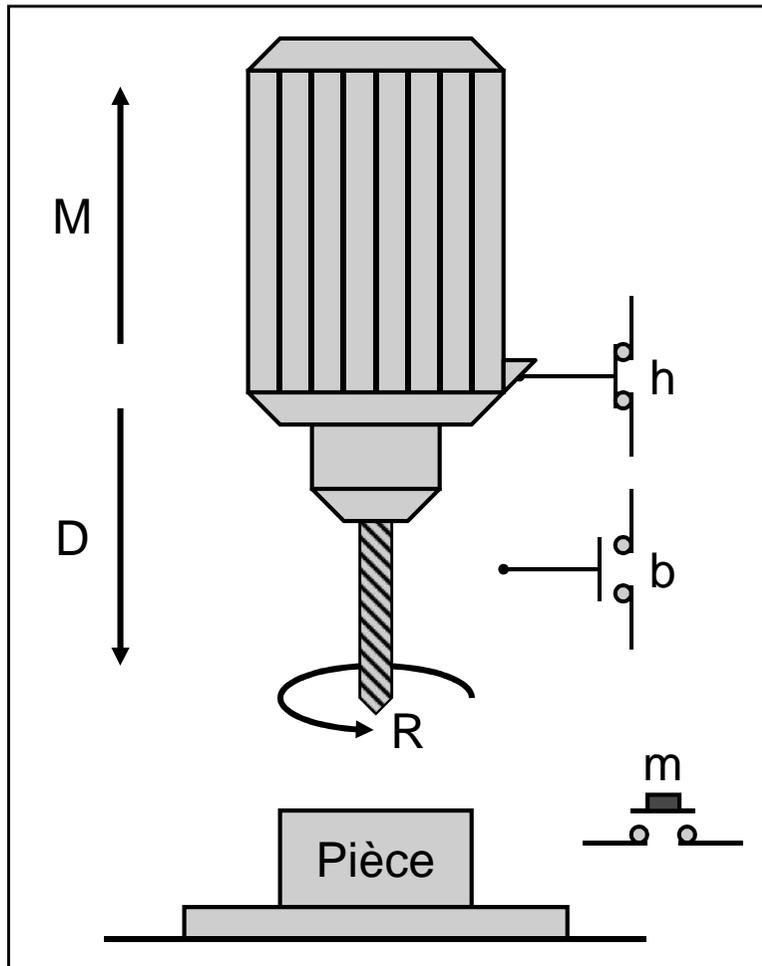


Le Grafcet

- Le Grafcet : défini en France en 1977, le Grafcet est un outil graphique qui permet de décrire le cahier des charges d'un automatisme séquentiel. Il est également directement exploitable pour l'implantation technologique. C'est donc à la fois :
 - un langage de spécification d'un automatisme (Grafcet de spécification),
 - un langage d'implémentation (Grafcet de réalisation).

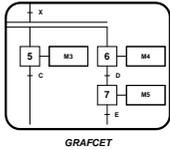


- Exemple : automatisation d'une perceuse

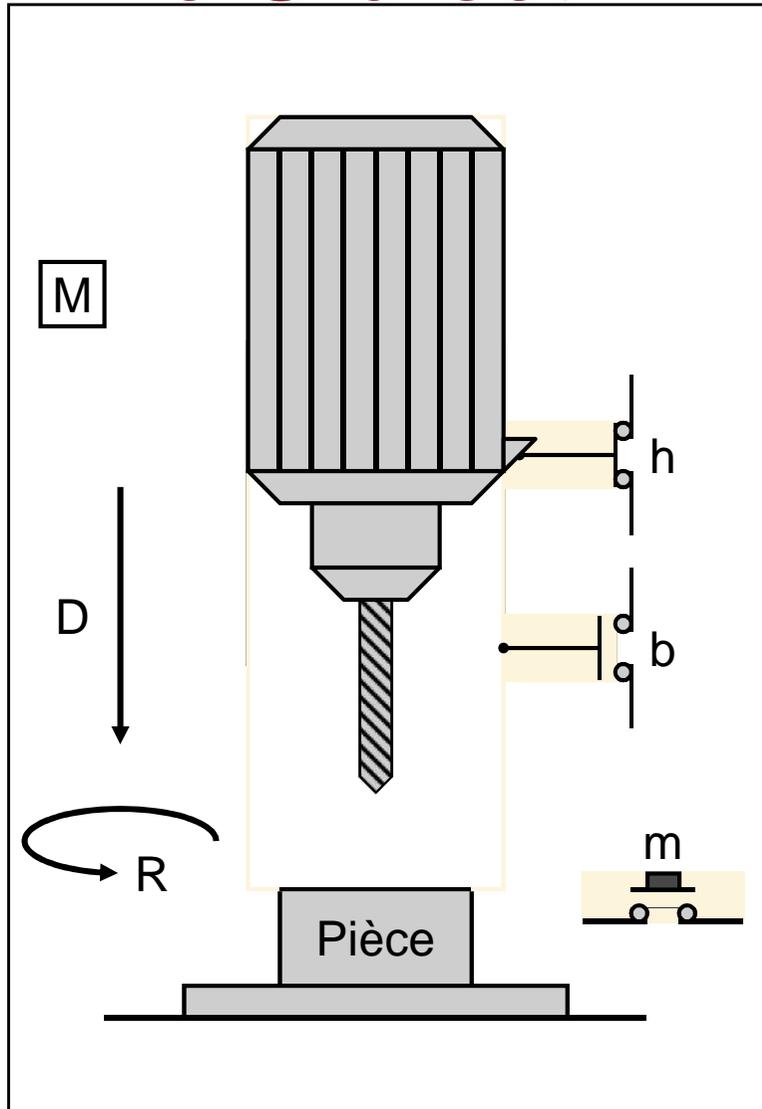


Cahier des charges :

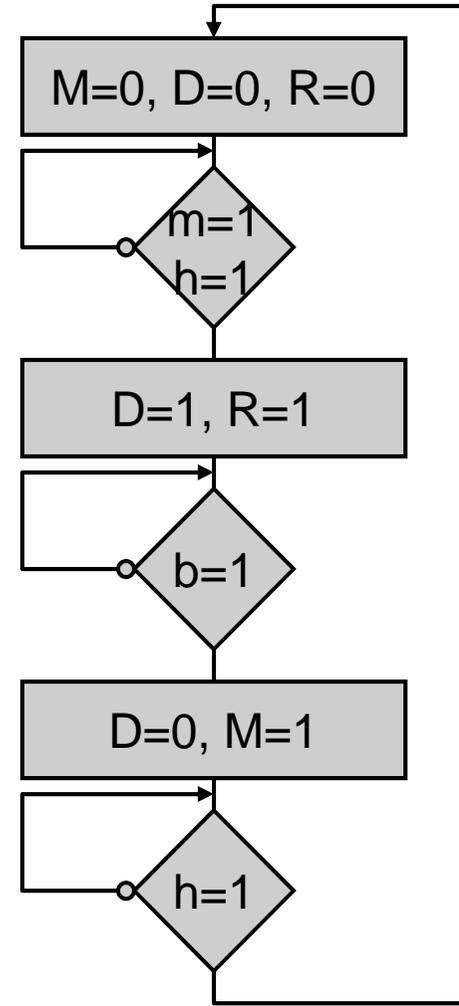
- Le foret tourne (R) toujours sur lui-même en descente (D) et en montée (M).
- Les contacts h, b et m sont à 1 lorsqu'ils sont enclenchés.
- Les contacts de fin de course h et b sont enclenchés par le passage de la came solidaire de la perceuse.
- Le cycle démarre lorsque l'on appuie sur le bouton poussoir m et que le contact h est enclenché par la came.

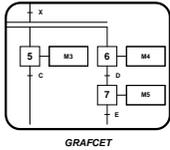


Le Grafcet

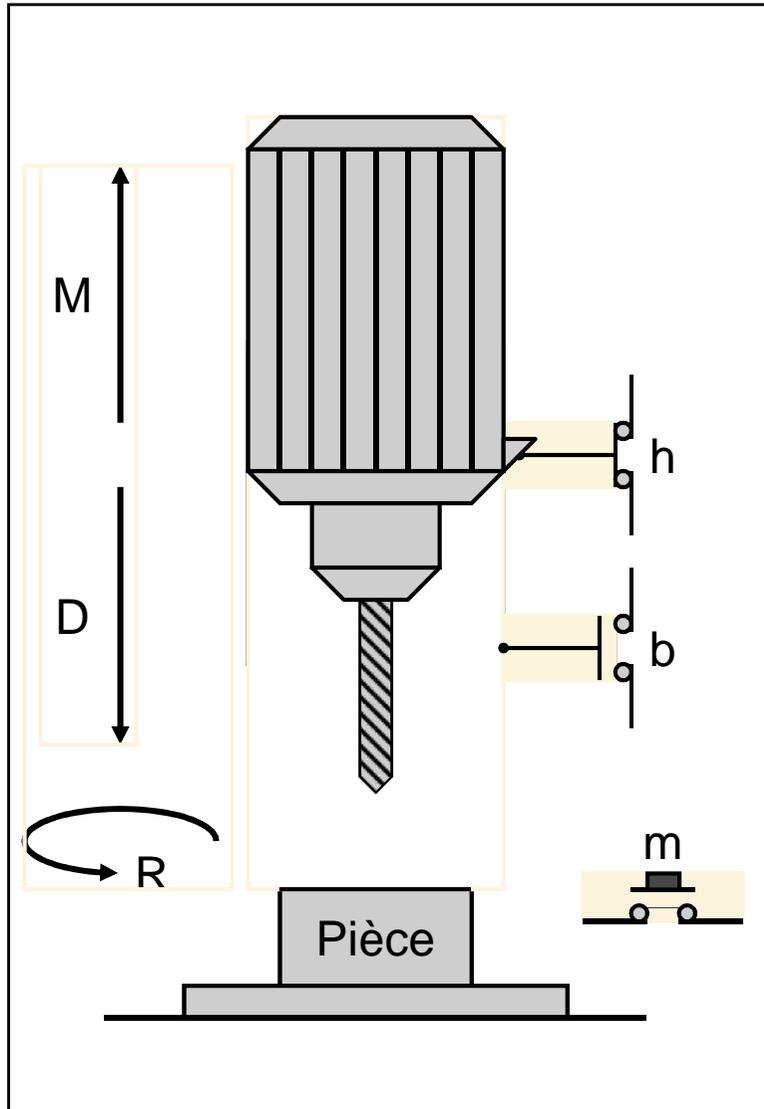


Organigramme :

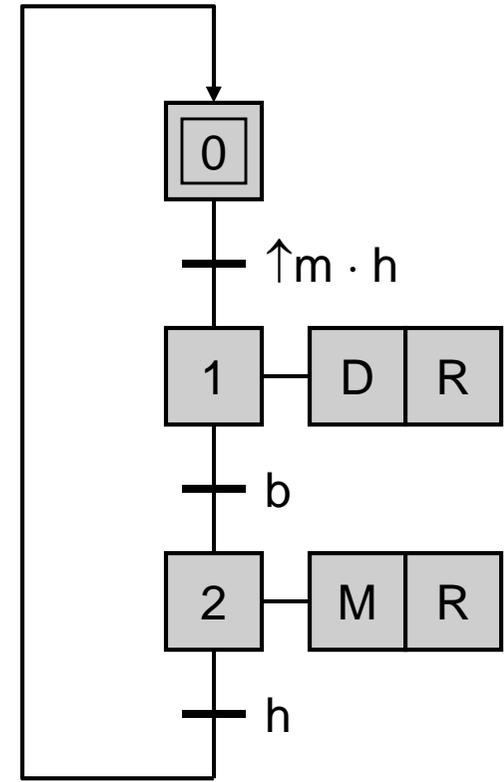


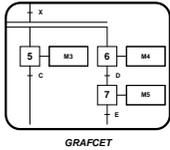


Automatisme



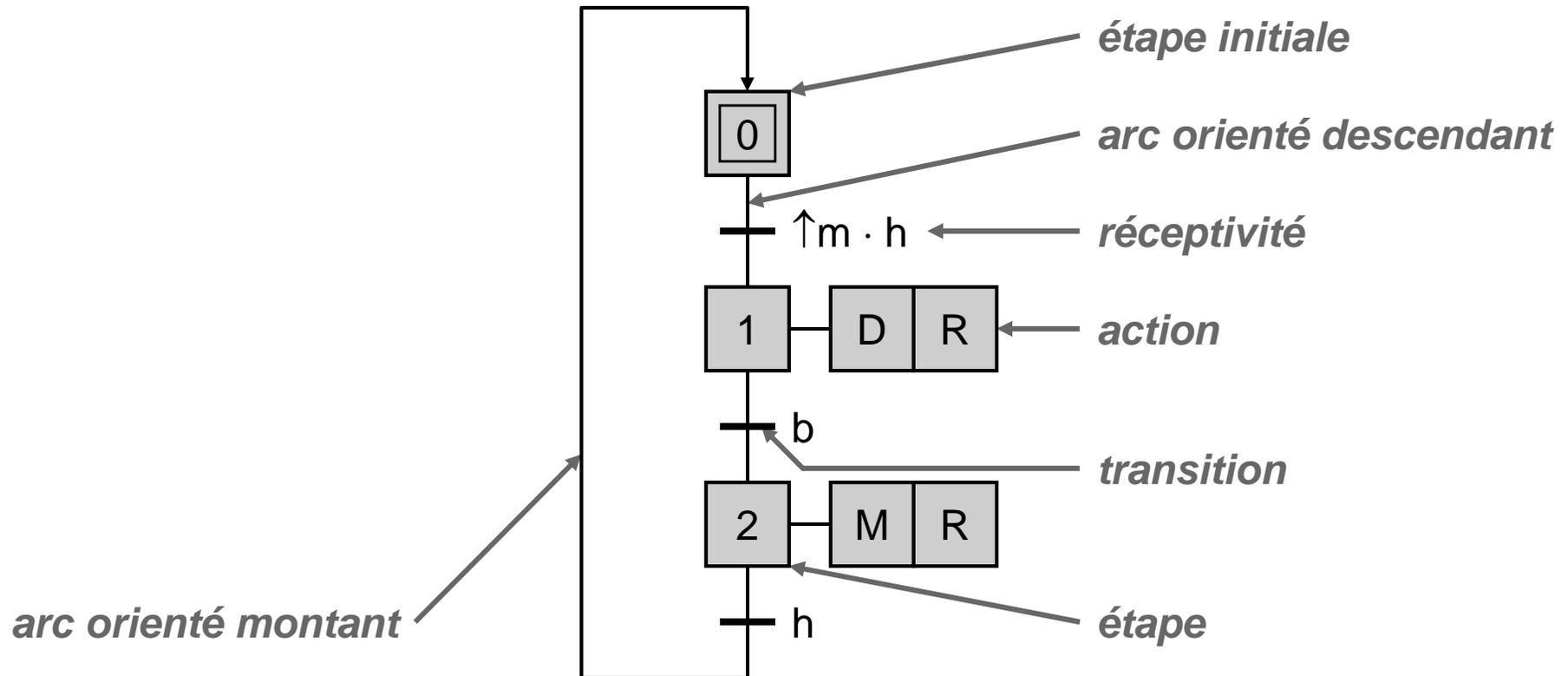
Grafcet :

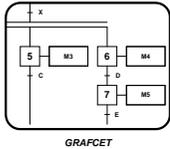




Le Grafcet

- Les éléments du Grafcet
 - Les éléments de base





Principes généraux

- **La structure** est constituée des éléments de base suivants:

- Étape

Une étape est soit active, soit inactive. L'ensemble des étapes actives d'un Grafcet à un instant donné représente la situation de ce Grafcet à l'instant considéré.

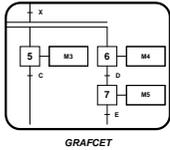
- Transition

Une transition indique la possibilité d'évolution d'activité entre deux ou plusieurs étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.

- Liaison orientée

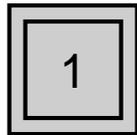
Une liaison orientée relie soit une ou plusieurs étapes à ,une transition, soit une transition à une ou plusieurs étapes.

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

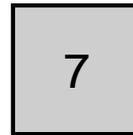


Le Grafcet

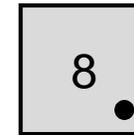
- Les étapes : elle permettent de rendre compte de la situation du système. Chaque étape est repérée par un numéro i. A tout étape i, est associée la variable d'état X_i dont la valeur correspond à l'état de l'étape. Une étape peut ainsi être :
 - active : dans ce cas $X_i = 1$,
 - inactive : dans ce cas $X_i = 0$.



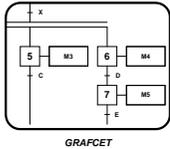
étape initiale n° 1 inactive
 $X_1 = 0$



étape n° 7 inactive
 $X_7 = 0$

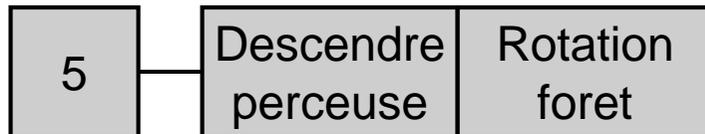


étape n° 8 active
 $X_8 = 1$

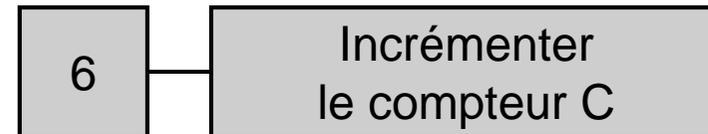


Le Grafcet

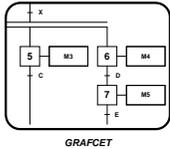
- Les actions : à chaque étape est associée une ou plusieurs actions. L'action est réalisée dès que l'étape est activée et se poursuit tant que l'étape est active. Ces actions peuvent être :
 - externes : ordre envoyé à la partie opérative ou dialogue.
 - internes : ordre envoyé à la partie commande



actions externes

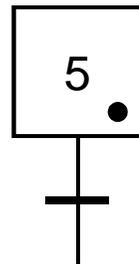


action interne

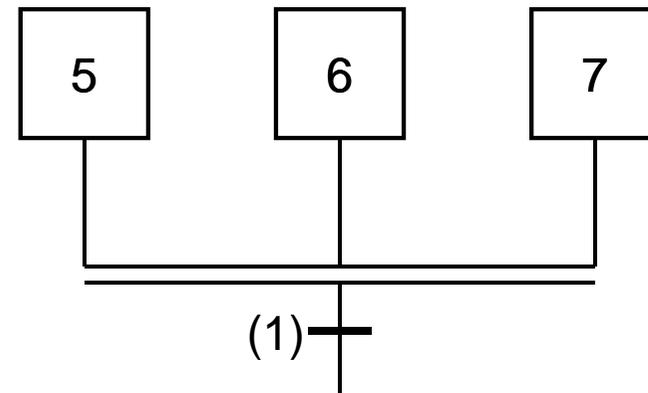


Le Grafcet

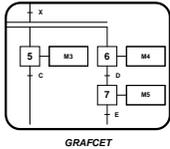
- Les transitions : elles expriment les possibilités d'évolution entre deux ou plusieurs étapes. Une transition peut être :
 - validée si toutes les étapes immédiatement reliées à cette transition sont actives.
 - non validée si les étapes immédiatement reliées a cette transition ne sont pas toutes actives (si une étape est inactive).



étape n° 5 active
transition validée

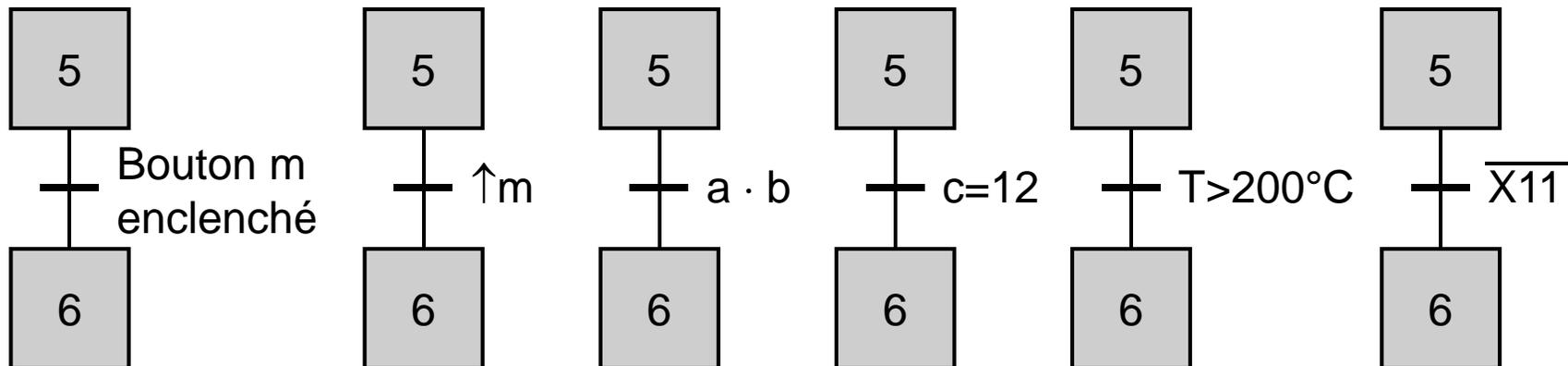


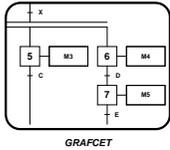
transition (1) validée



Le Grafcet

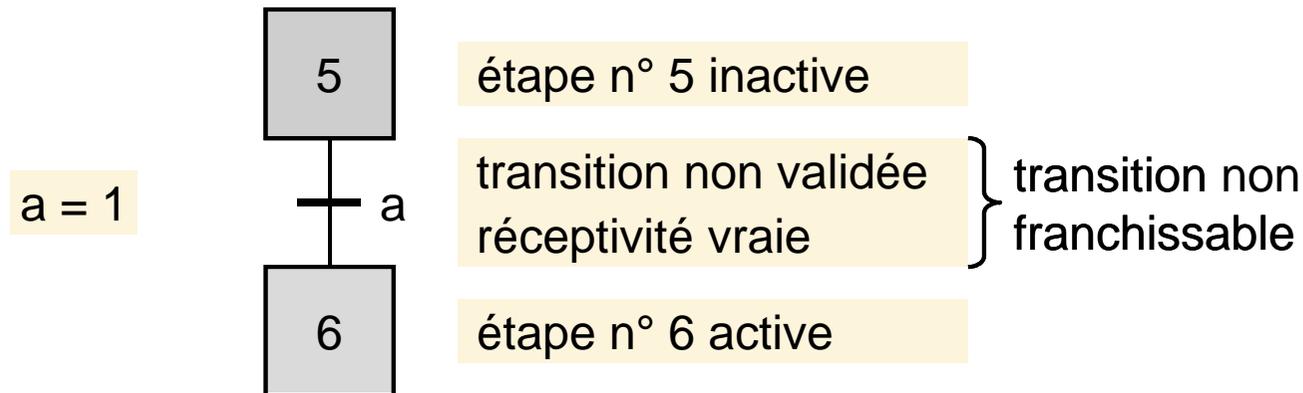
- Les réceptivités : associées à chaque transition, elles expriment les conditions nécessaires pour passer d'une ou plusieurs étapes à une ou plusieurs autres étapes. Une transition peut être :
 - vraie si la condition correspondante est vérifiée.
 - fausse si la condition correspondante n'est pas vérifiée.

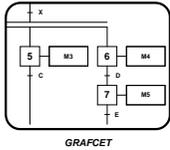




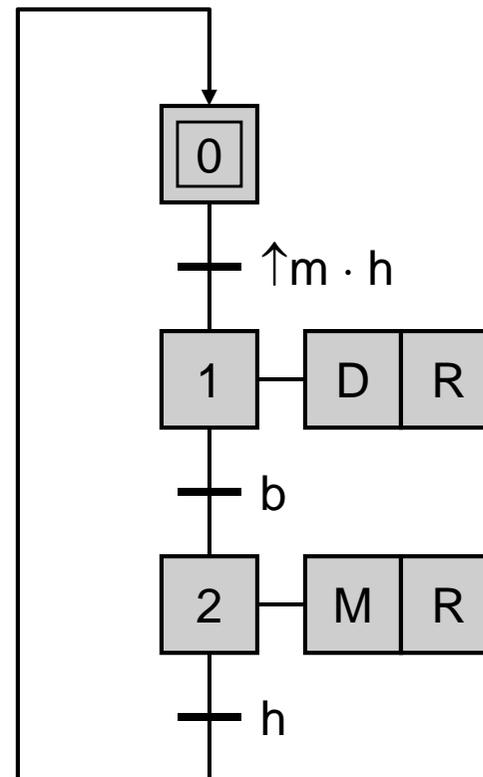
Le Grafcet

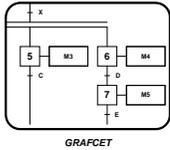
- Franchissement d'une transition : une transition peut être :
 - franchissable si elle est validée et si la réceptivité associée est vraie. Lors de son franchissement, toutes les étapes précédent la transition sont désactivées et toutes les étapes suivant la transition sont activées.
 - non franchissable si la transition n'est pas validée ou si la réceptivité est fausse.





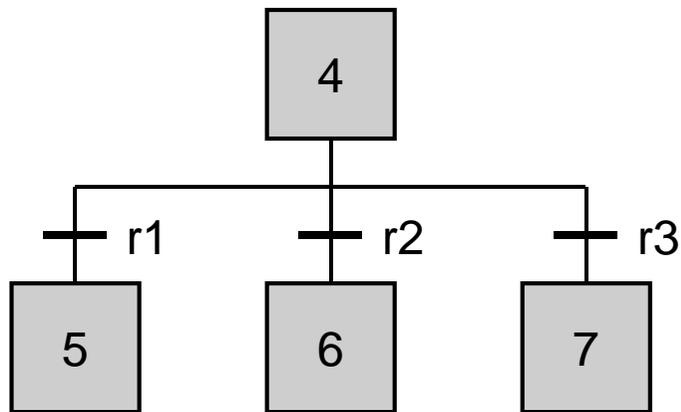
- Les arcs (liaisons) orientés : dans un Grafcet, il y a toujours **alternance entre étapes et transitions**. Les arcs orientés relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Un Grafcet se lit de haut en bas et les liaisons descendantes ne sont pas fléchées. Toute autre orientation doit être renseignée par une flèche indiquant le sens de la liaison.



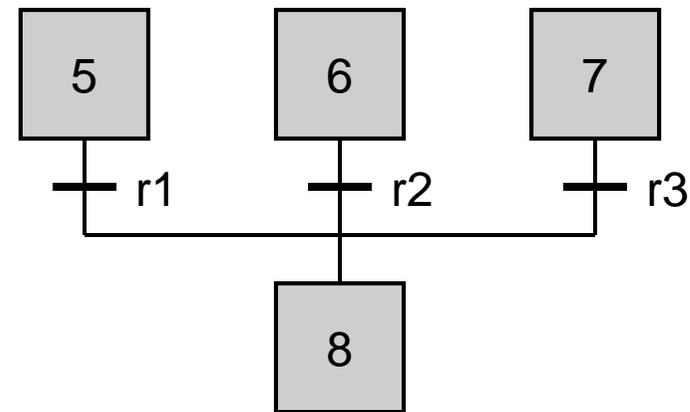


Le Grafcet

- Les divergences et convergences en OU :
 - C'est une sélection de séquence selon certaines conditions données par les réceptivités associées aux transitions.
 - **Une divergence en OU commence toujours par des transitions et une convergence en OU se termine toujours par des transitions.**

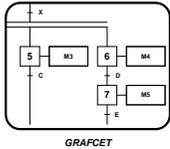


divergence en OU



convergence en OU

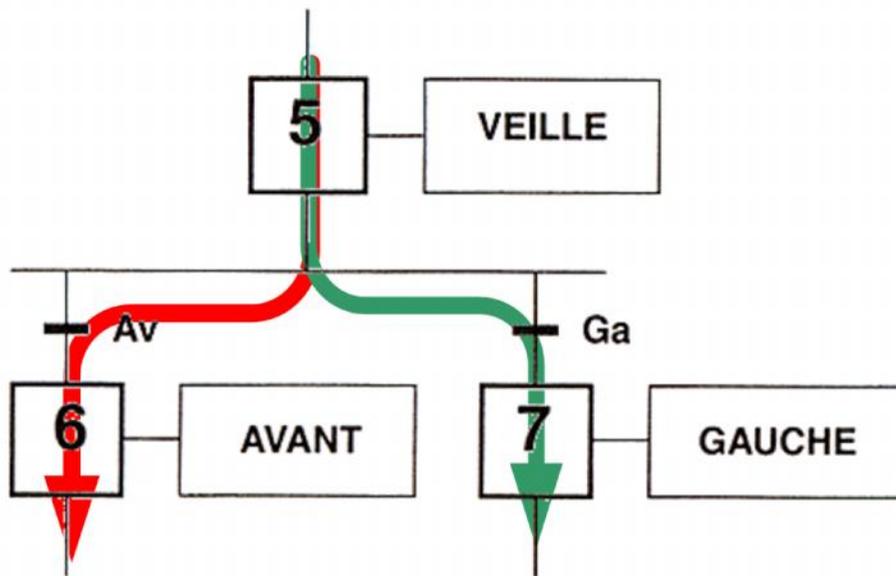
- Cas particuliers : saut d'étapes et reprise de séquence.



Divergence, convergence en OU

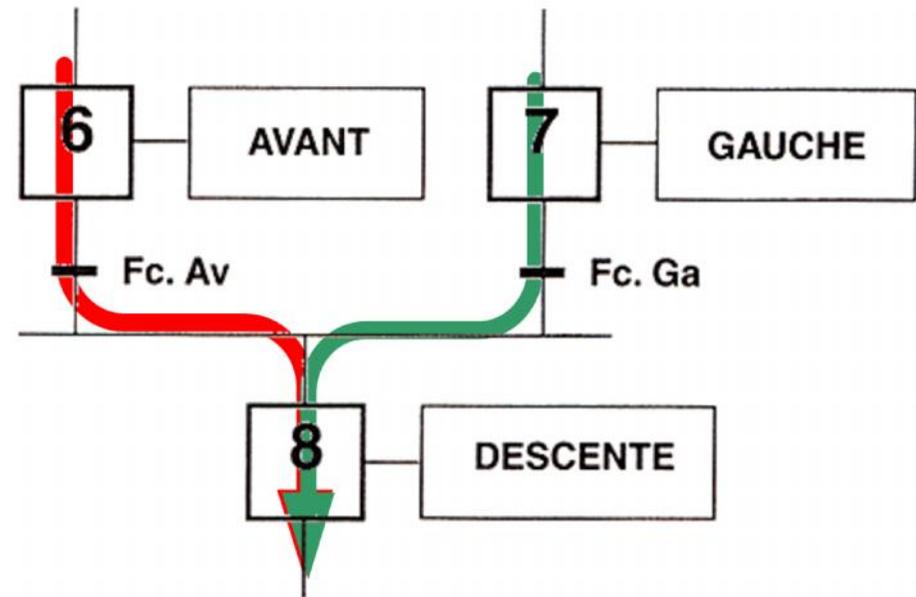
- Une voie **OU** une autre voie : Solution ALTERNATIVE
- Un simple trait
- Une réceptivité par branche

Divergence en OU

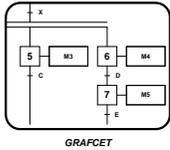


Franchissement des transitions :
 lorsque l'étape (5) est **active**, on se dirige
 soit :
 – vers (6) si **réceptivité (Av) vraie**,
 – vers (7) si **réceptivité (Ga) vraie**.

Convergence en OU



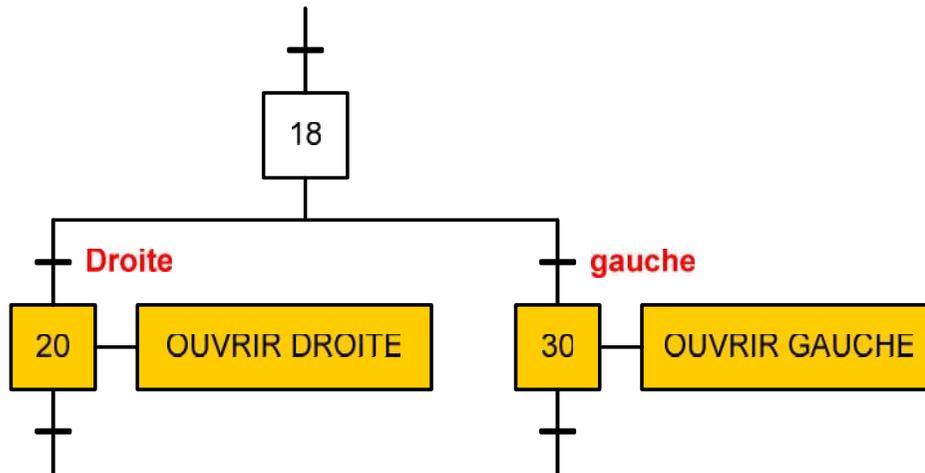
Franchissement des transitions :
 l'étape (8) sera **activée** soit :
 – par la **transition 6/8** si **Fc.Av vraie** et
 l'étape (6) active ;
 – par la **transition 7/8** si **Fc.Ga vraie** et
 l'étape (7) active.



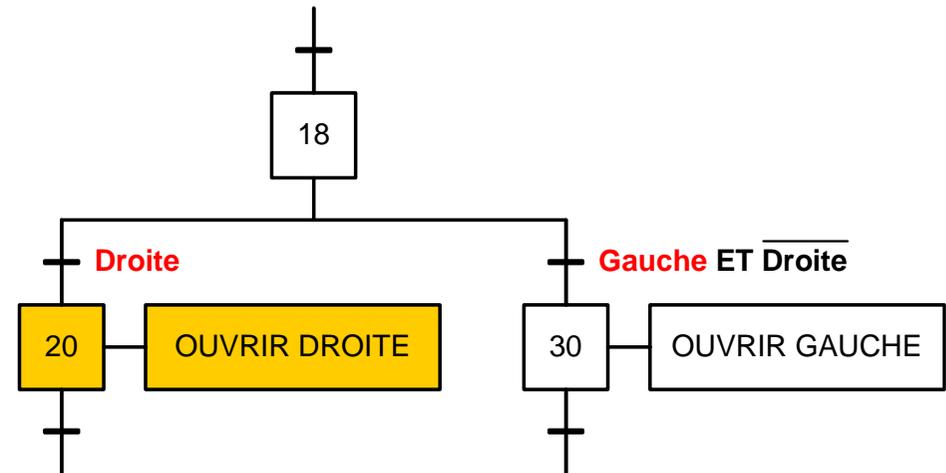
Conflit

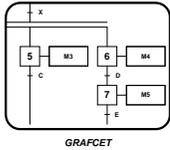
Si les réceptivités **Droite** et **gauche** sont à «1» avant l'activation de l'étape 18, il y a conflit, les deux transitions vont être franchies et les étapes 20 et 30 seront actives. On peut éviter le conflit en inhibant une réceptivité par le complément de l'autre

Avec conflit

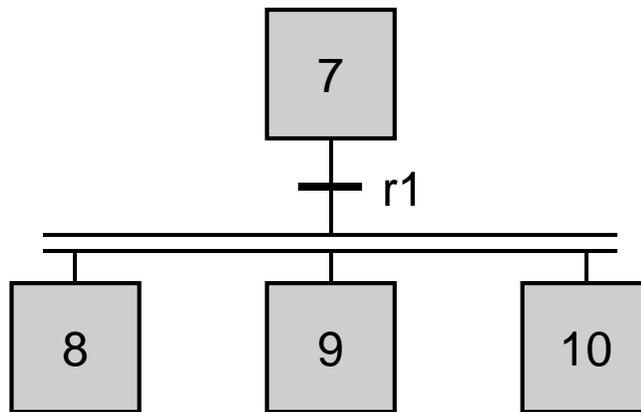


Sans conflit

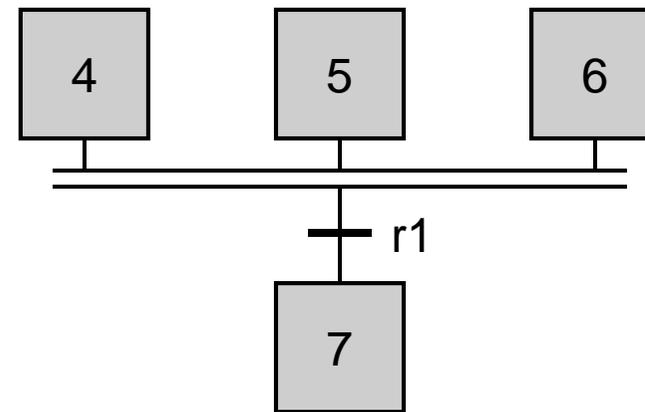




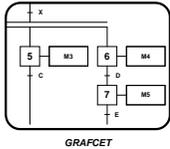
- Les divergences et convergences en ET (parallélisme structural) :
 - Le but est de permettre l'exécution simultanée de plusieurs séquences en même temps.
 - **Une divergence en ET commence toujours par des étapes et une convergence en ET se termine toujours par des étapes.**



divergence en ET

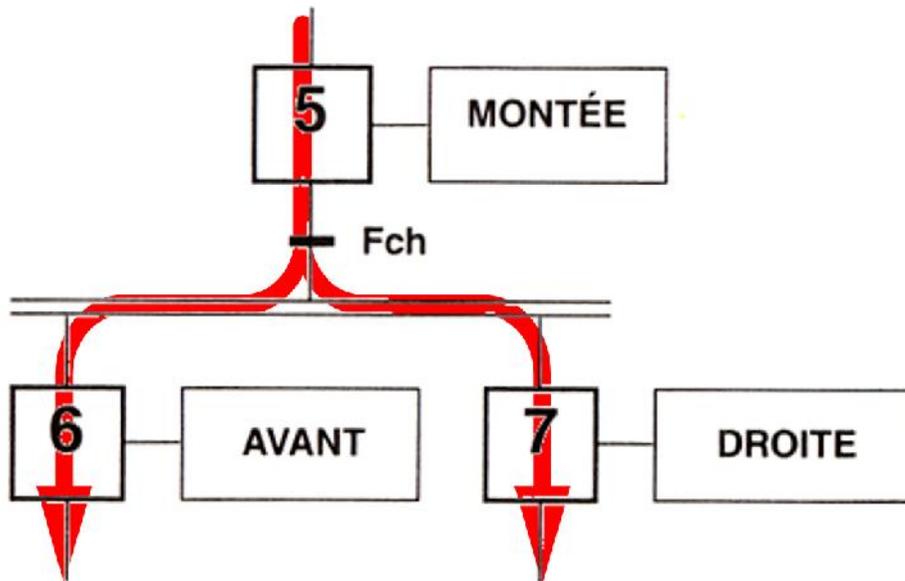


convergence en ET



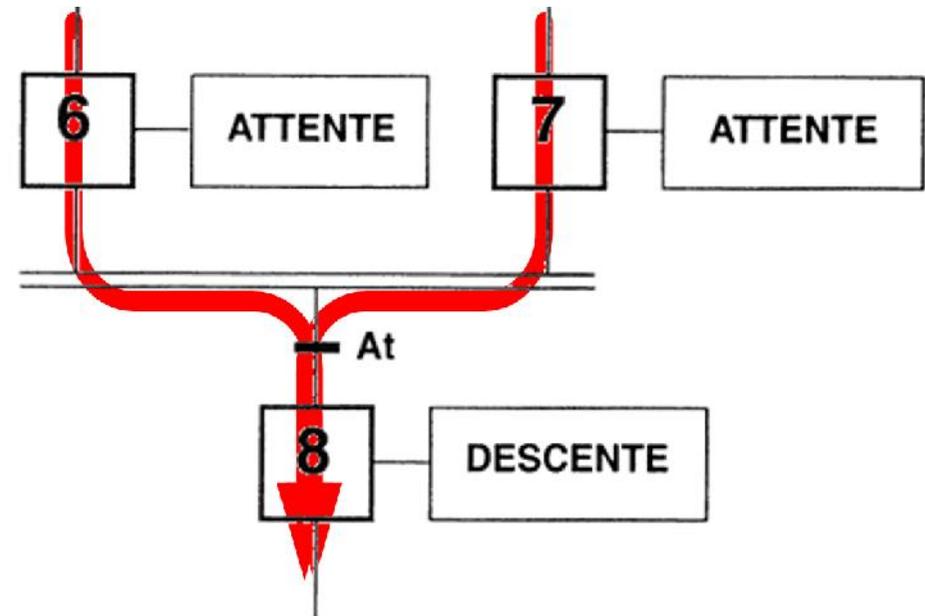
Divergence, convergence en ET

- Une voie **ET** une autre voie. Cela permet de réaliser plusieurs taches en même temps
- Un double trait
- Une **SEUL** réceptivité



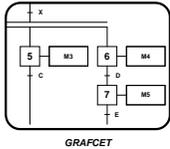
Franchissement de la transition (5) à (6/7) lorsque la **transition** est **franchissable** :

- étape (5) active **ET** (Fch) **vraie**,
- alors les étapes (6) et (7) sont simultanément **activées**.



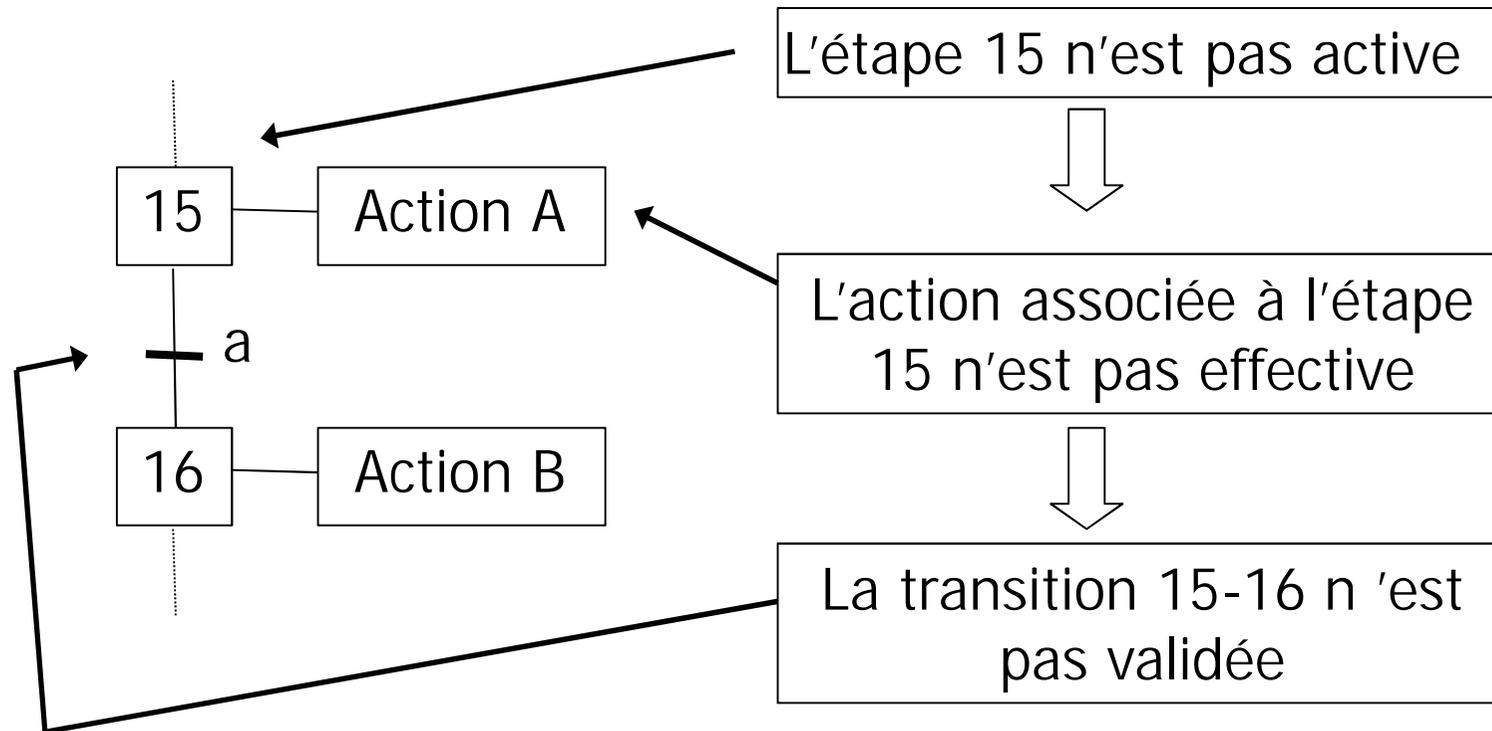
Franchissement de la transition (6/7) à (8) lorsque la **transition** est **franchissable** :

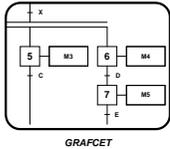
- étapes (6) et (7) **actives ET** (At) **vraie**,
- alors l'étape (8) est **activée**, l'étape (8) **désactive** les étapes (6) et (7).



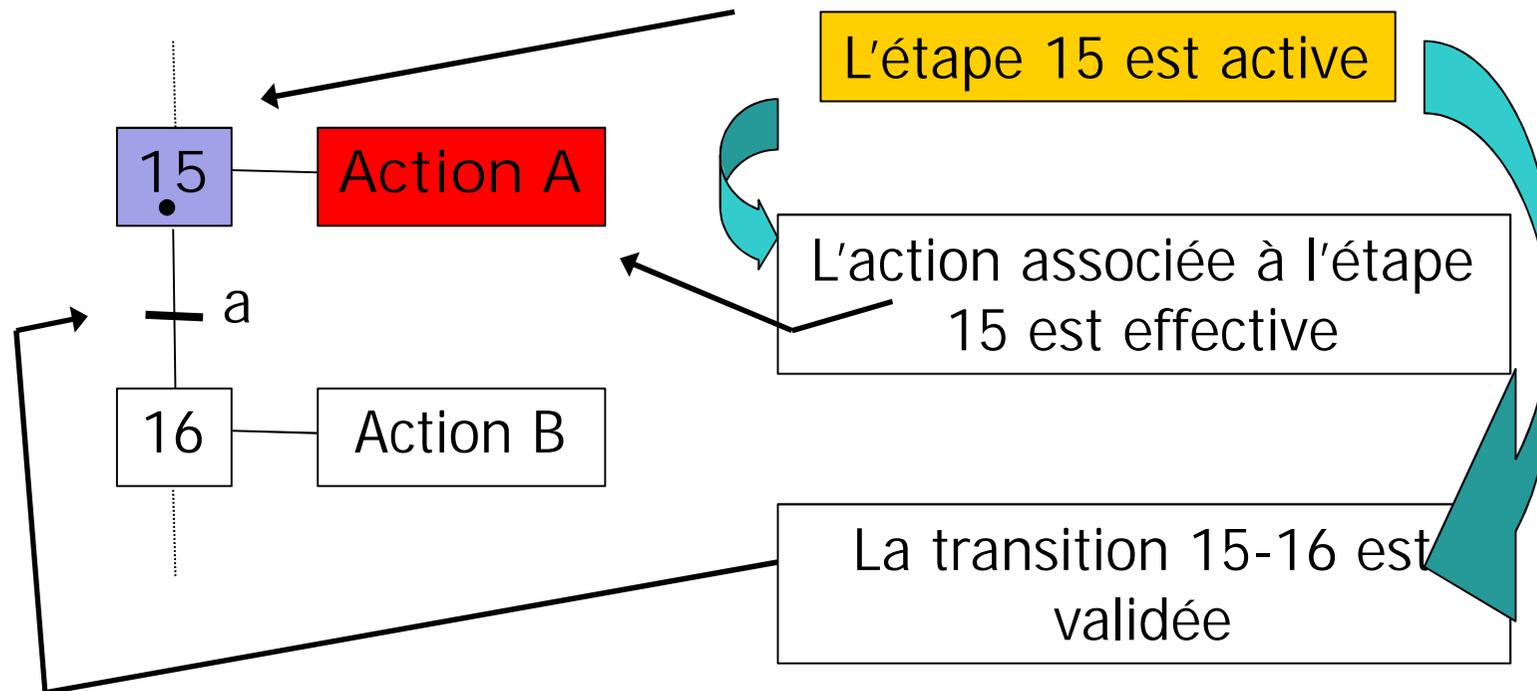
Principe d'évolution

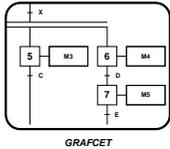
illustration : franchissement d'une transition



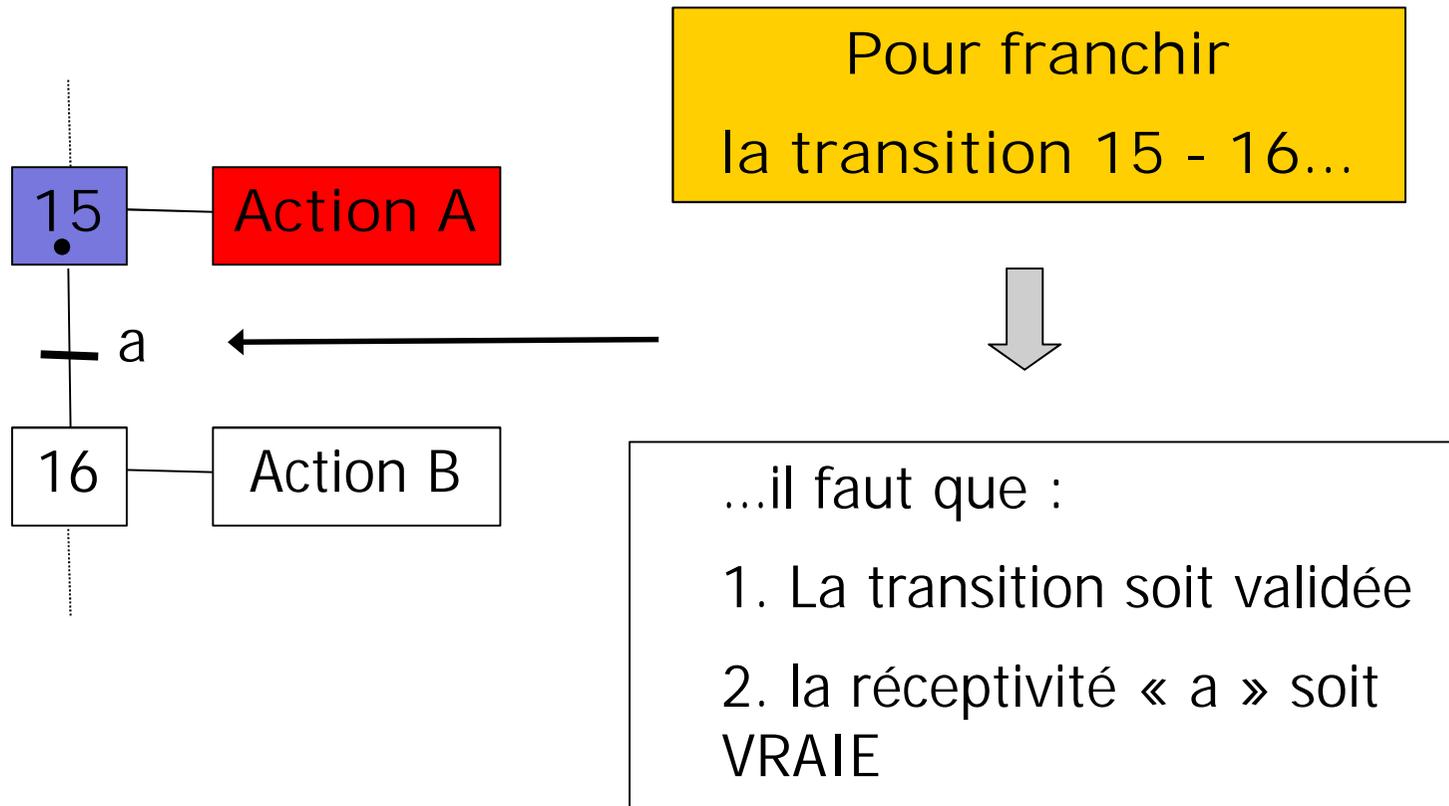


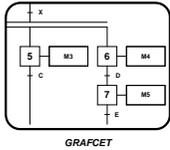
Principe d'évolution



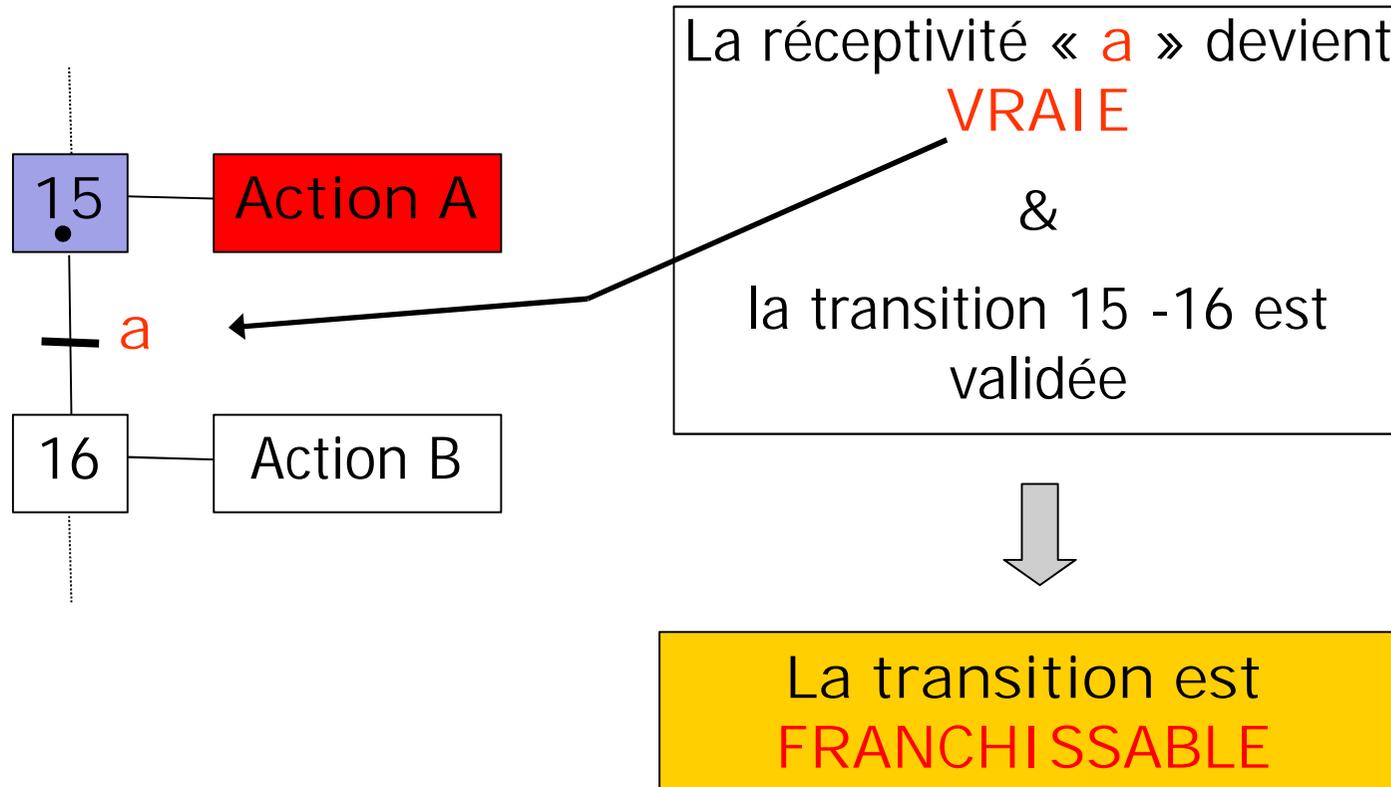


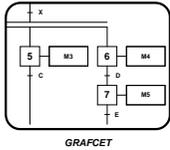
Principe d'évolution



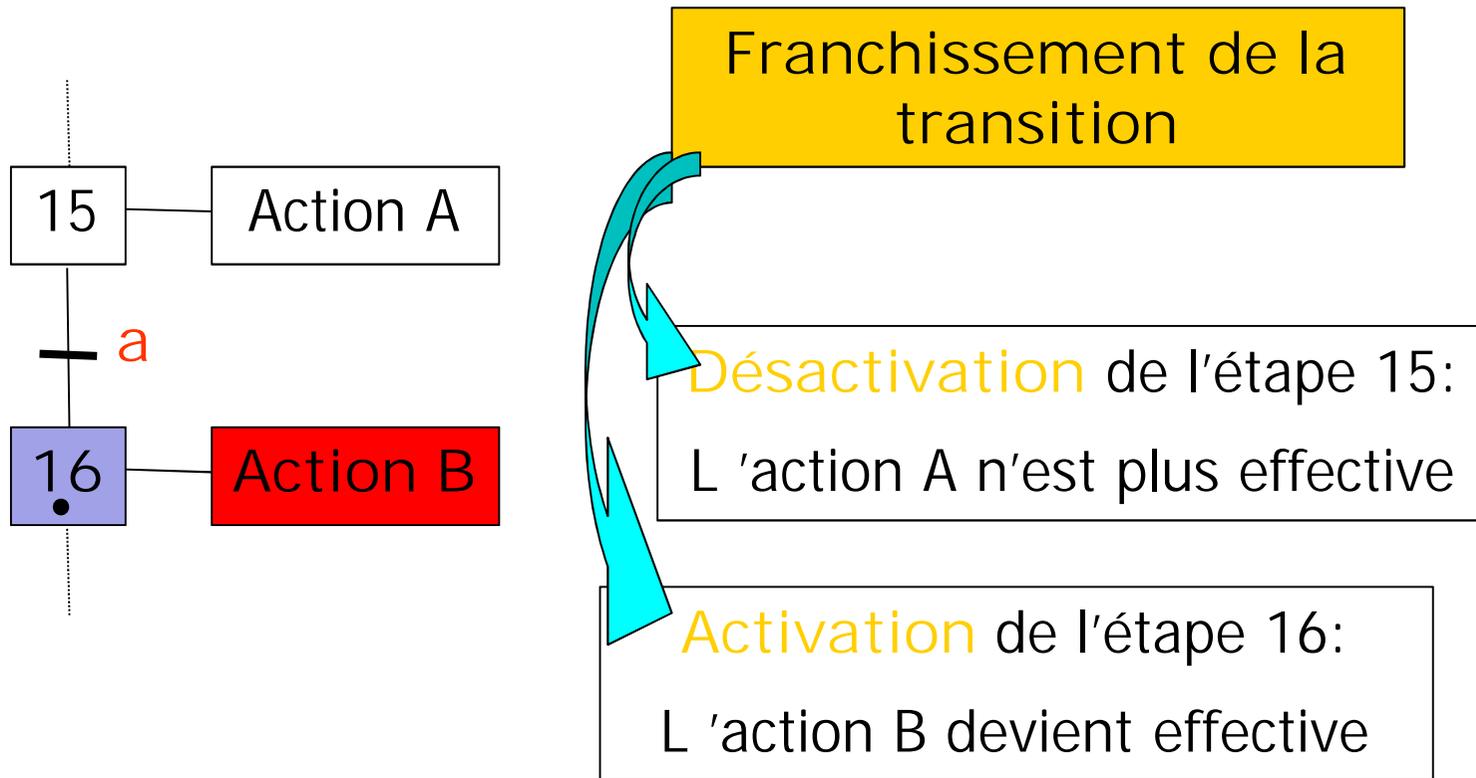


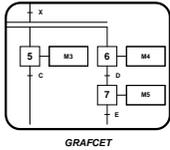
Principe d'évolution



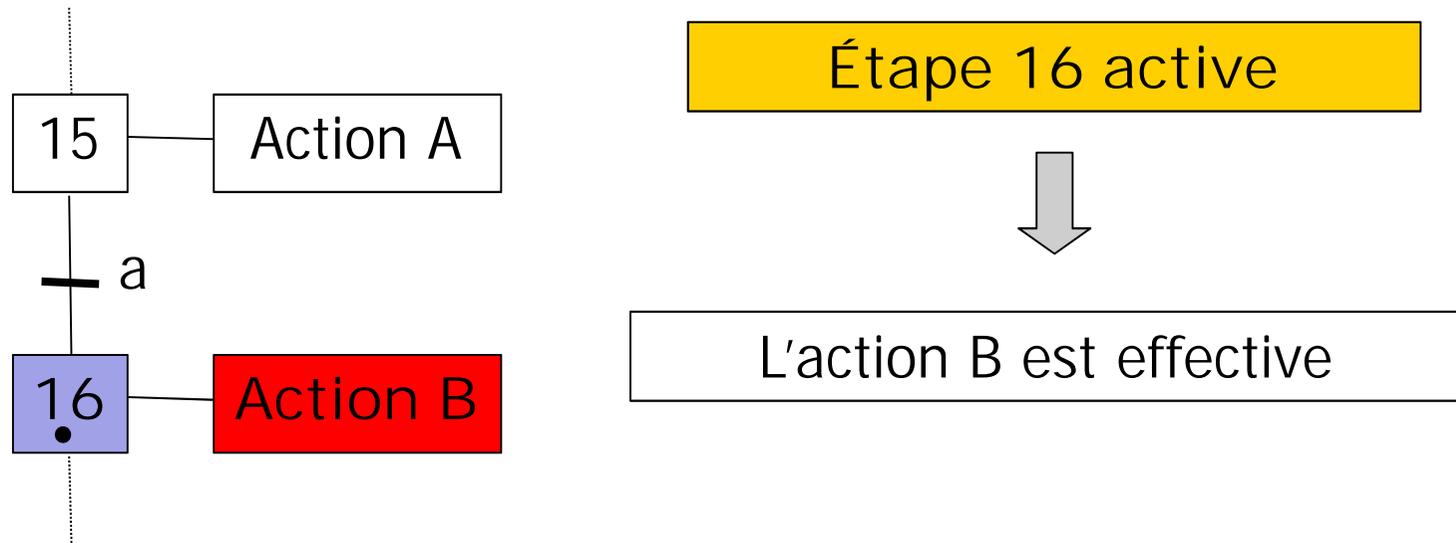


Principe d'évolution

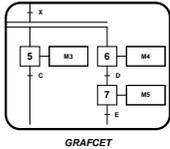




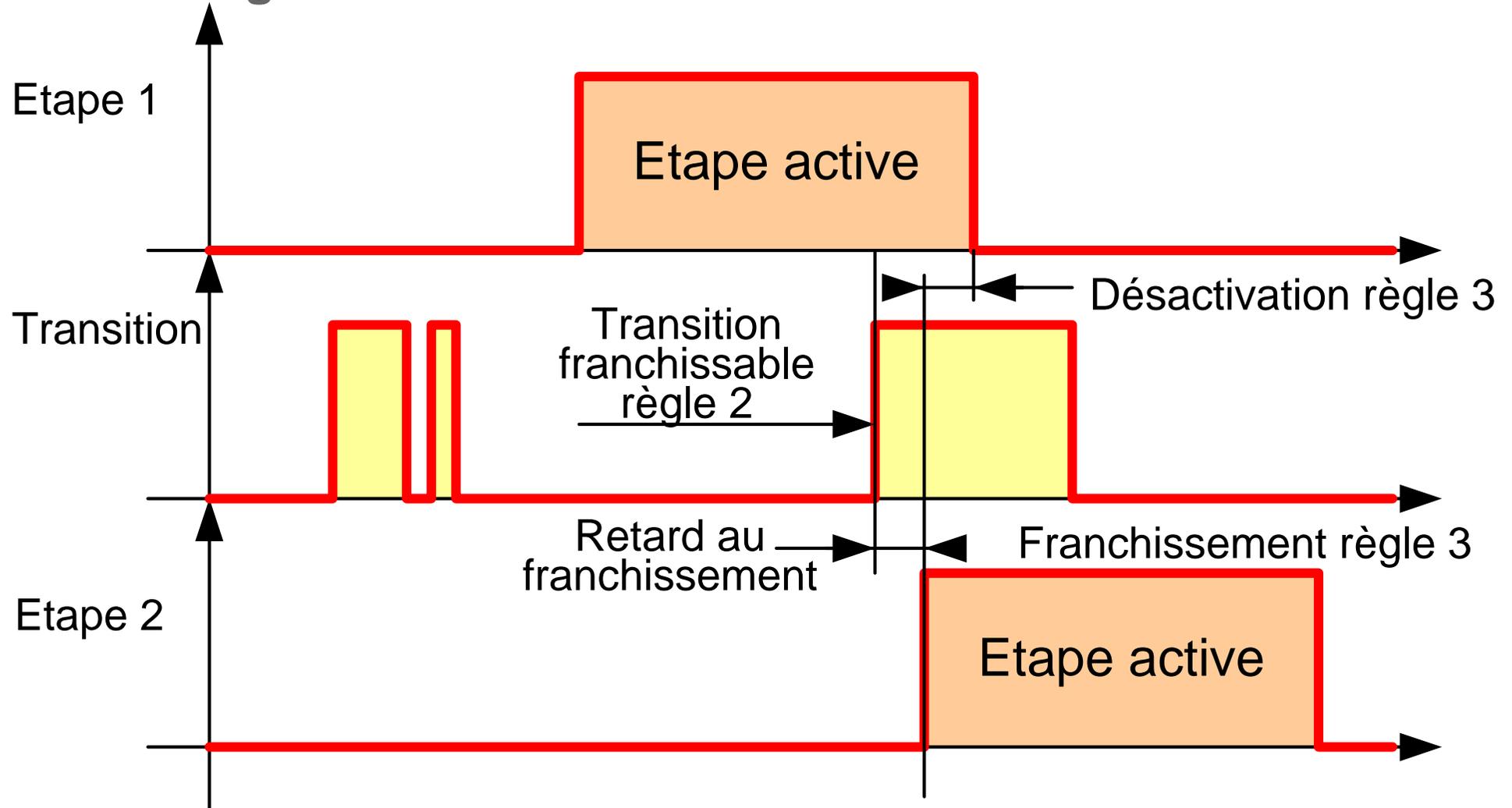
Principe d'évolution

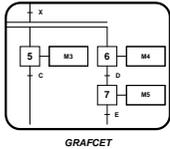


Remarque : la réceptivité « a », quelle soit VRAIE ou FAUSSE à ce moment n'a plus d'effet sur le déroulement du Grafcet



Chronogramme d'évolution



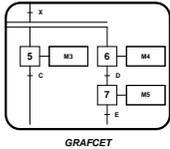


RÈGLES D'ÉVOLUTION

- **Les règles d'évolution du GRAFCET ne sont que l'application, sur les étapes, du principe d'évolution entre les situations de la partie séquentielle du système.**

Il faut connaître les 5 règles suivantes :

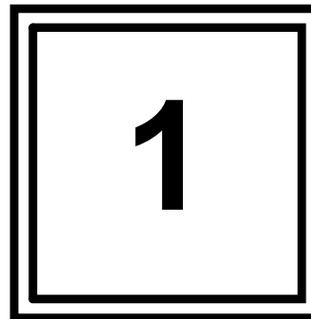
- α Règle #1 – Situation I N I Tiale
- α Règle #2 - VALI Dation d'une transition
- α Règle #3 – FRANCHissements
- α Règle #4 – FRANCHissements SIMULtanés
- α Règle #5 – Activation et désactivation simultanées d'une étape



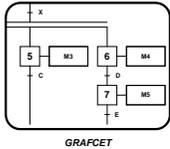
Règle #1 - Situation initiale

- la situation initiale, choisie par le concepteur, est la situation à l'instant initial

La situation initiale est donc décrite par l'ensemble des étapes actives à cet instant.

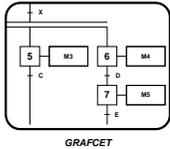


- Remarque :
 - L'état initial **doit** avoir un **comportement passif** (non-émission d'ordre) vis-à-vis de la P.O.
 - L'état initial **peut** avoir un **comportement actif** vis-à-vis de la P.C. (remise à 0 des compteurs, ...)



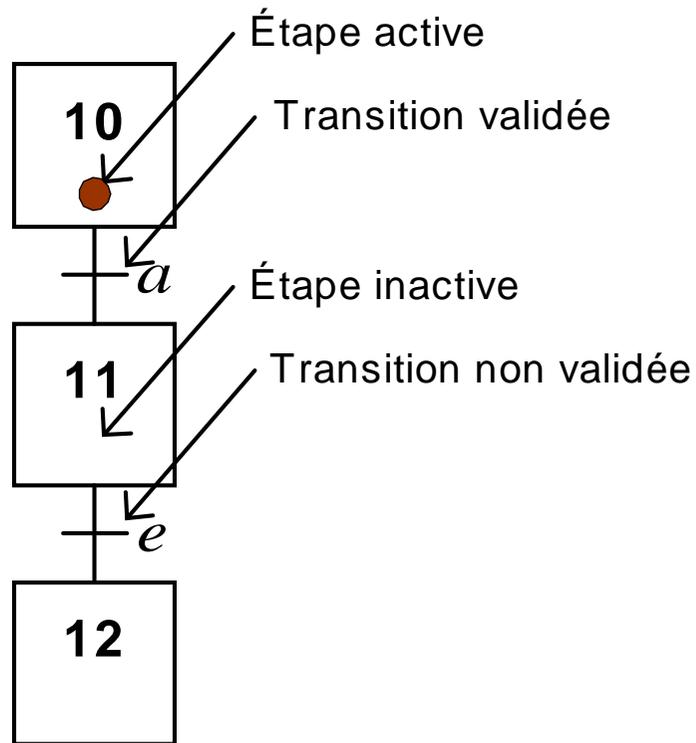
Règle #2 - VALIDation d'une transition

- Une transition est dite validée lorsque **TOUTES** les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives. Le franchissement d'une transition se produit :
 - lorsque la transition est VALIDÉE
 - ET QUE la réceptivité associée à cette transition est VRAIE
- Remarque :
 - Lorsqu'une transition est franchissable elle est obligatoirement franchie.

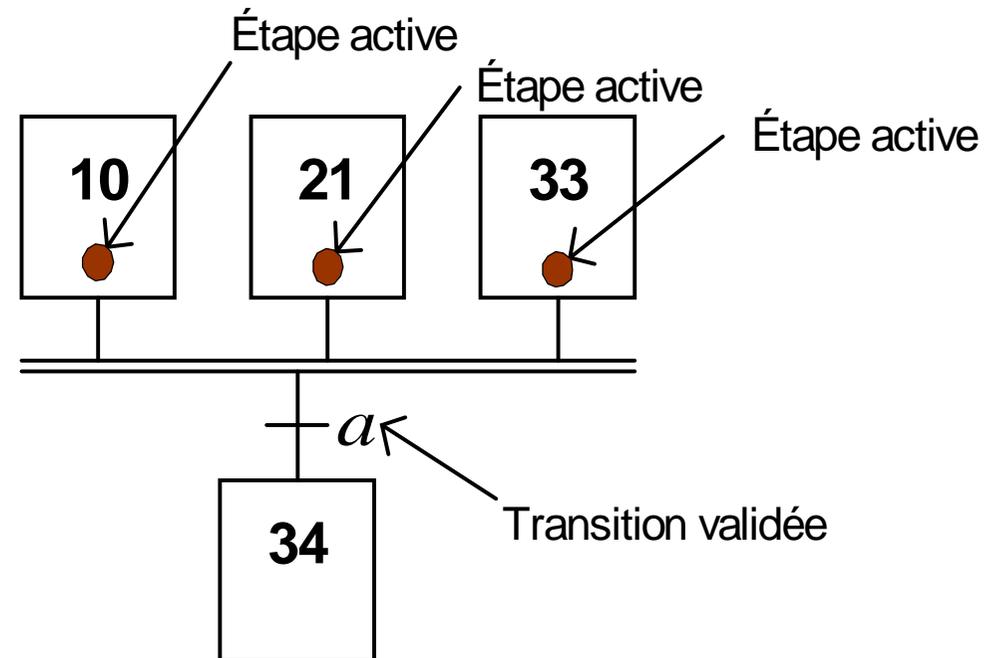


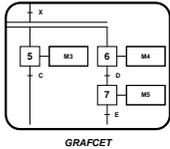
Règle #2 - VALIDation d'une transition

- **Grafcet #1:**



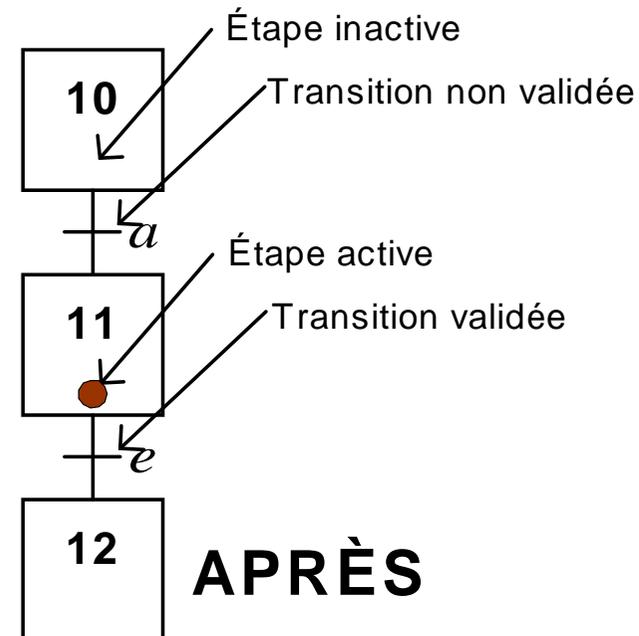
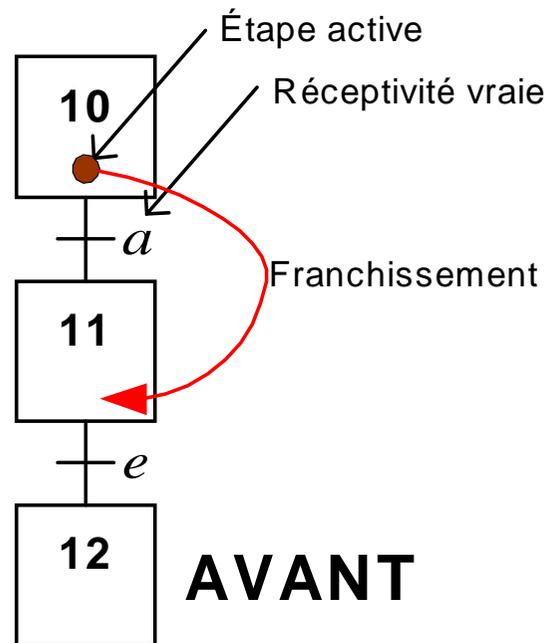
- **Grafcet #2:**

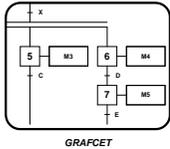




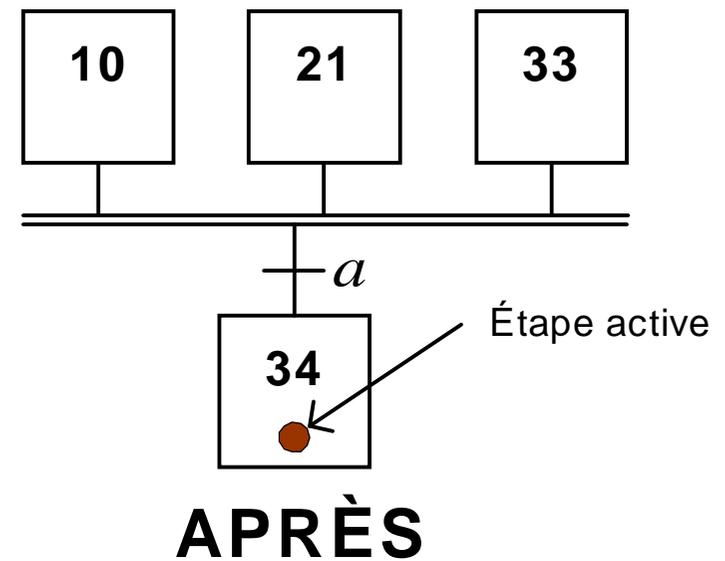
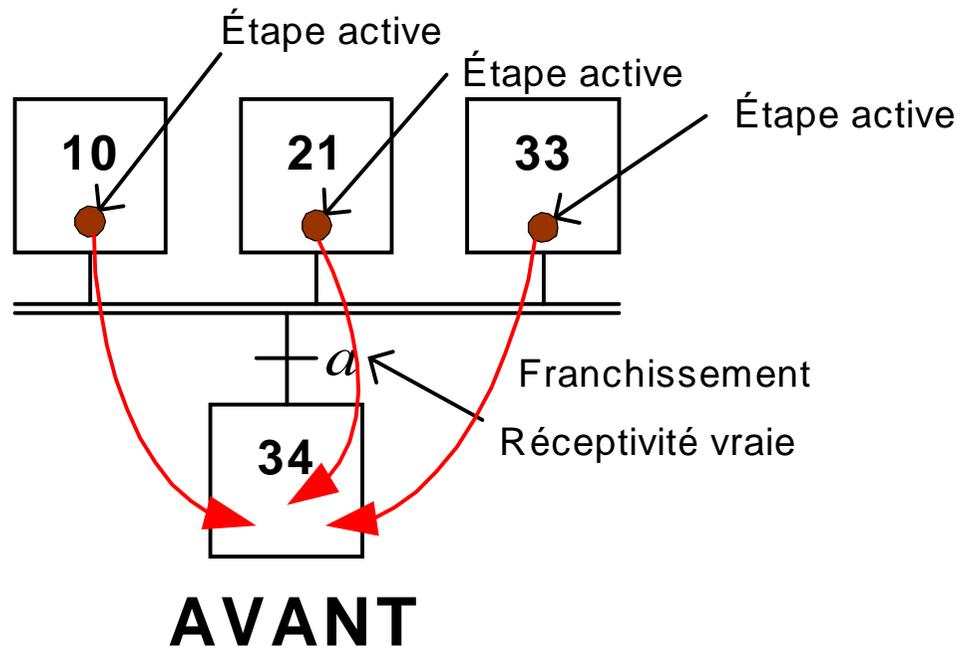
Règle #3 - FRANCHissements

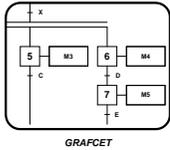
- **Franchissement d'une transition \emptyset simultanément**
 - l'activation de TOUTES les étapes immédiatement suivantes et
 - désactivation de TOUTES les étapes immédiatement précédentes.



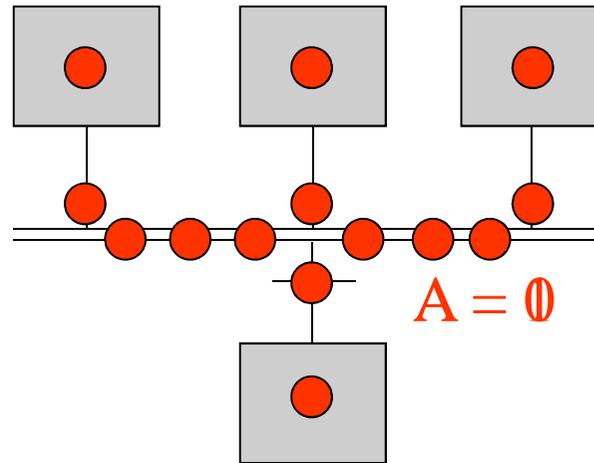


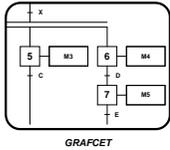
Règle #3 - FRANCHissements





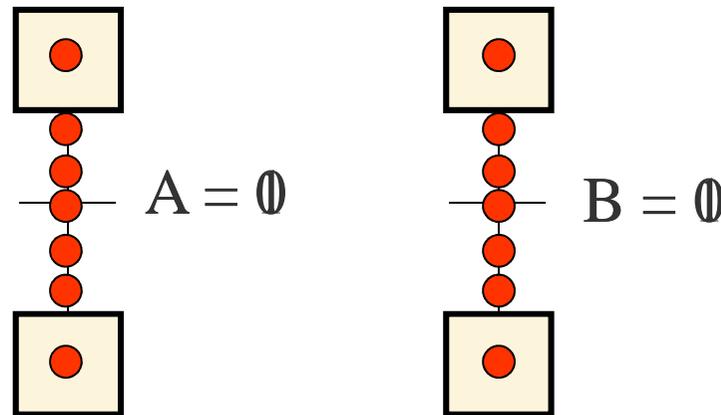
Règle #3 - Le franchissement



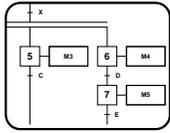


Règle #4 - FRANCHissements SIMULtanées

- Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies

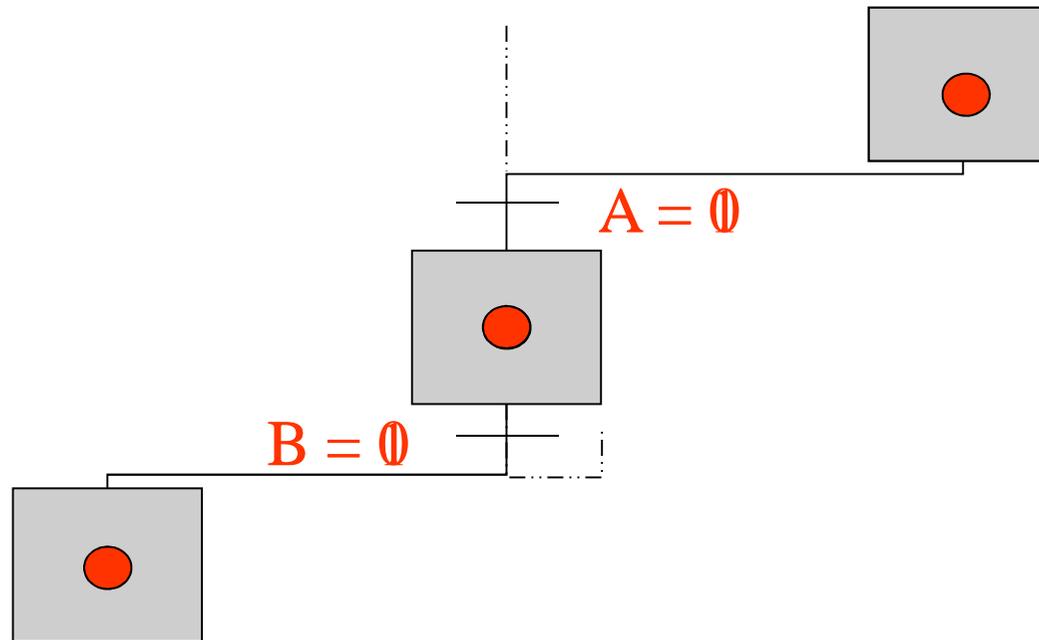


L'évolution entre deux situations actives implique qu'aucune situation intermédiaire ne soit possible, on passe donc instantanément d'une représentation de la situation par un ensemble d'étapes à une autre représentation.

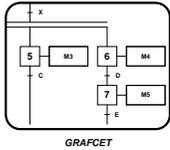


Règle #5 - Activation et désactivation simultanées d'une étape

- Si, au cours du fonctionnement, une étape active est simultanément activée et désactivée, alors elle reste active.

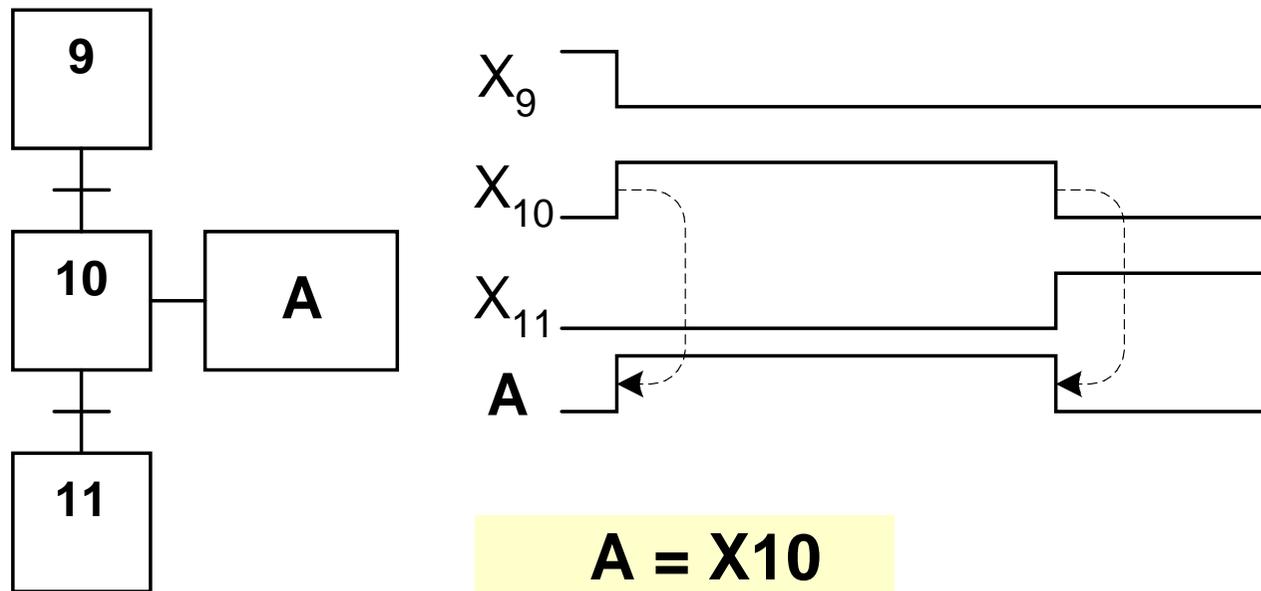


Si une même étape participe à la description de la situation précédente et à celle de la situation suivante, elle ne peut, en conséquence, que rester active.



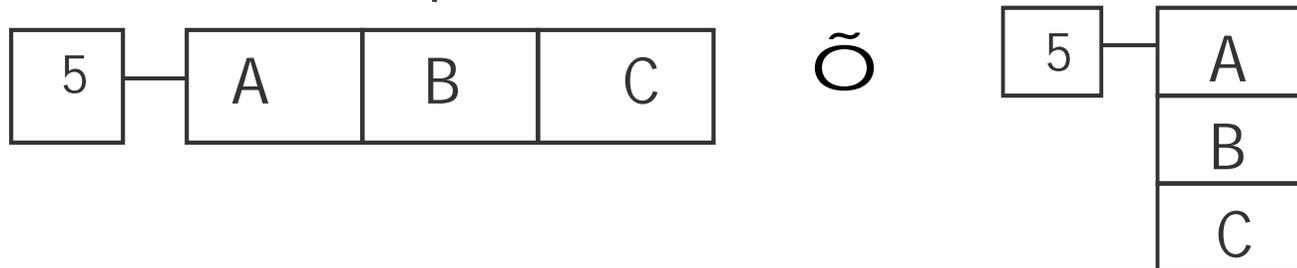
ACTION CONTINUE (1), Généralités

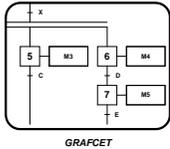
La sortie est assignée à la valeur vraie tant que l'étape correspondante est active.



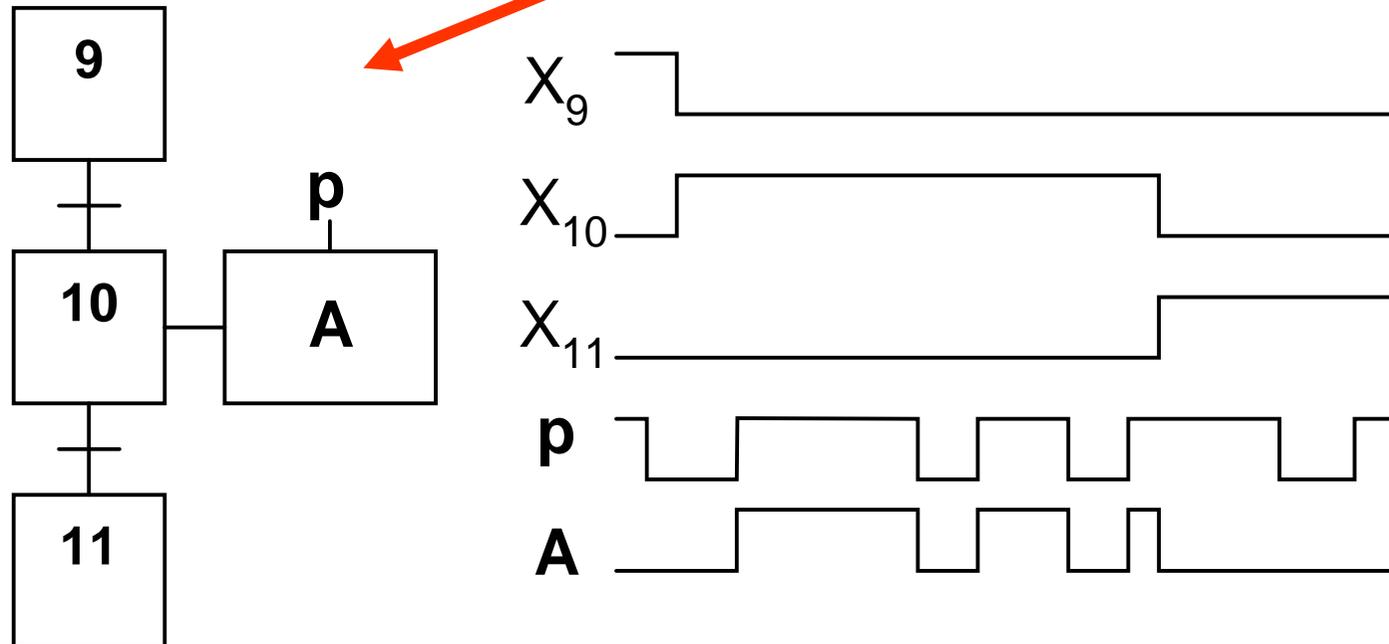
A = X10

Association de plusieurs actions à une même étape :



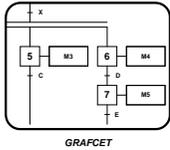


ACTION CONTINUE (2), Action Conditionnelle

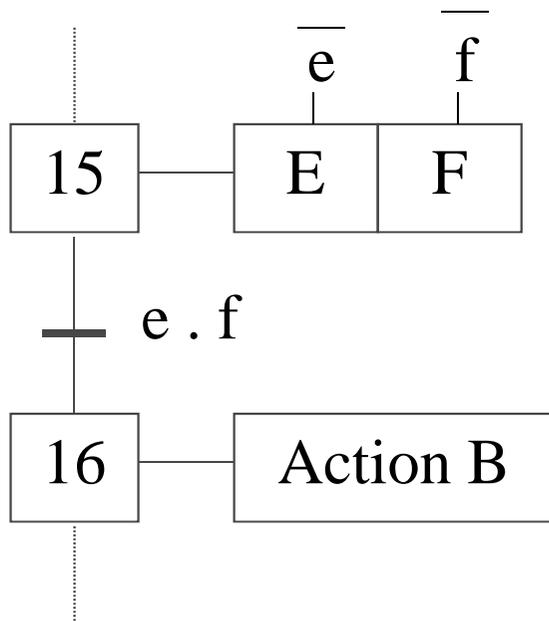


• **Définition:**

- Action qui dure tant que l'étape est active et que la condition logique est vraie
- $A = p \cdot X_{10}$ (condition d'assignation)



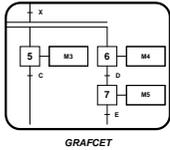
Action conditionnelle



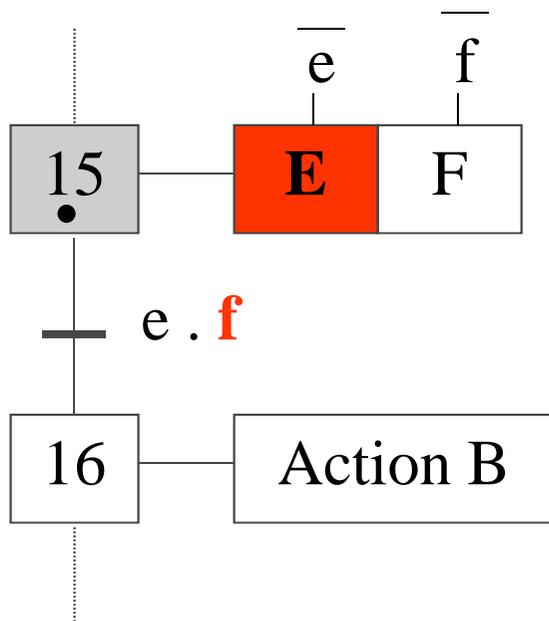
Actions conditionnelles :

- Si ($e = 0 \Leftrightarrow \bar{e} = 1$) alors
action E effective*
- Si ($f = 0 \Leftrightarrow \bar{f} = 1$) alors
action F effective*
- Si ($e . f = 1$) alors
aucune action effective

* : L'étape 15 doit être active !

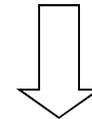


Action conditionnelle



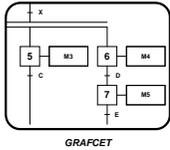
Étape 15 active :

- La transition 15 - 16 est validée
- les actions sont effectives si les conditions sont VRAIES

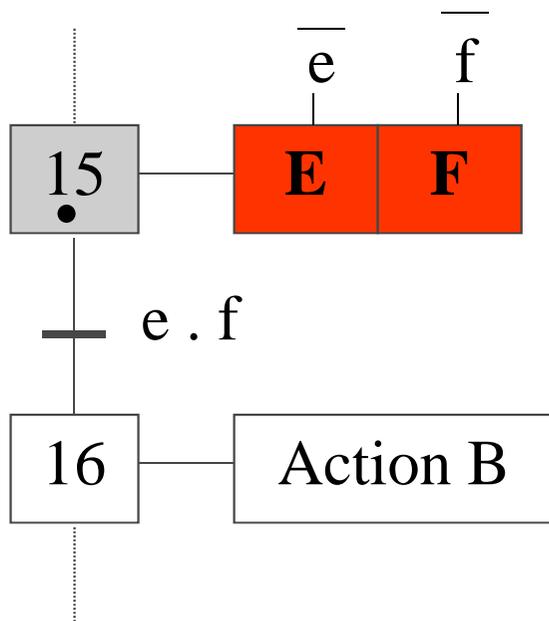


Ici, $e = 0 \Leftrightarrow \bar{e} = 1$:

\Rightarrow Action E effective

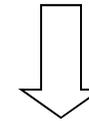


Action conditionnelle



Étape 15 active :

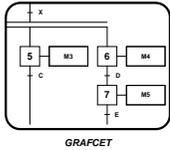
les 2 actions sont effectives
car les deux conditions sont
VRAIES



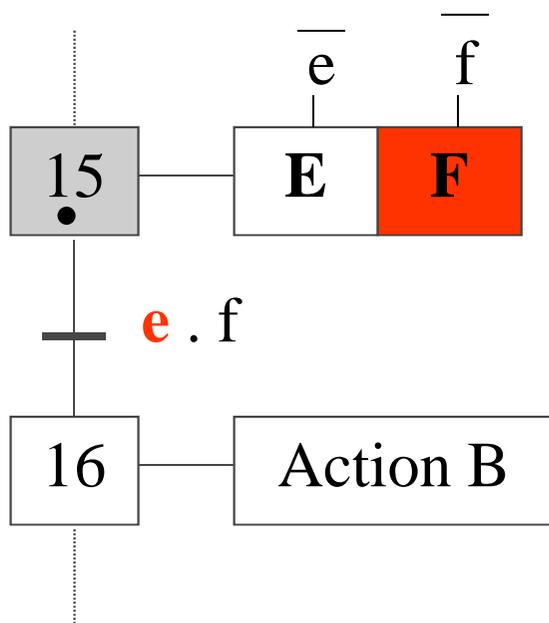
Ici, $e = 0 \Leftrightarrow \bar{e} = 1$:

& $f = 0 \Leftrightarrow \bar{f} = 1$:

\Rightarrow Actions E & F
effectives

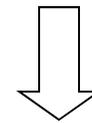


Action conditionnelle



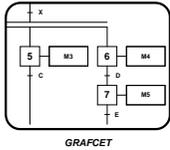
Étape 15 active :

Une seule action effective car une seule condition est VRAIE

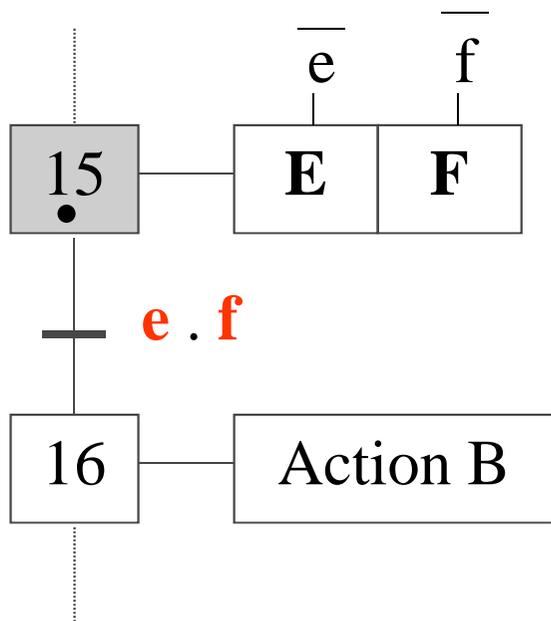


Ici, $f = 0 \Leftrightarrow \bar{f} = 1$:

\Rightarrow Action F effective

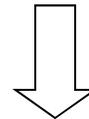


Action conditionnelle



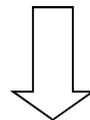
Étape 15 active :

les deux actions ne sont plus effectives car les conditions sont FAUSSES

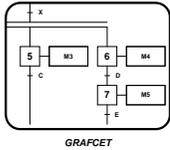


Ici, $e = f = 1$:

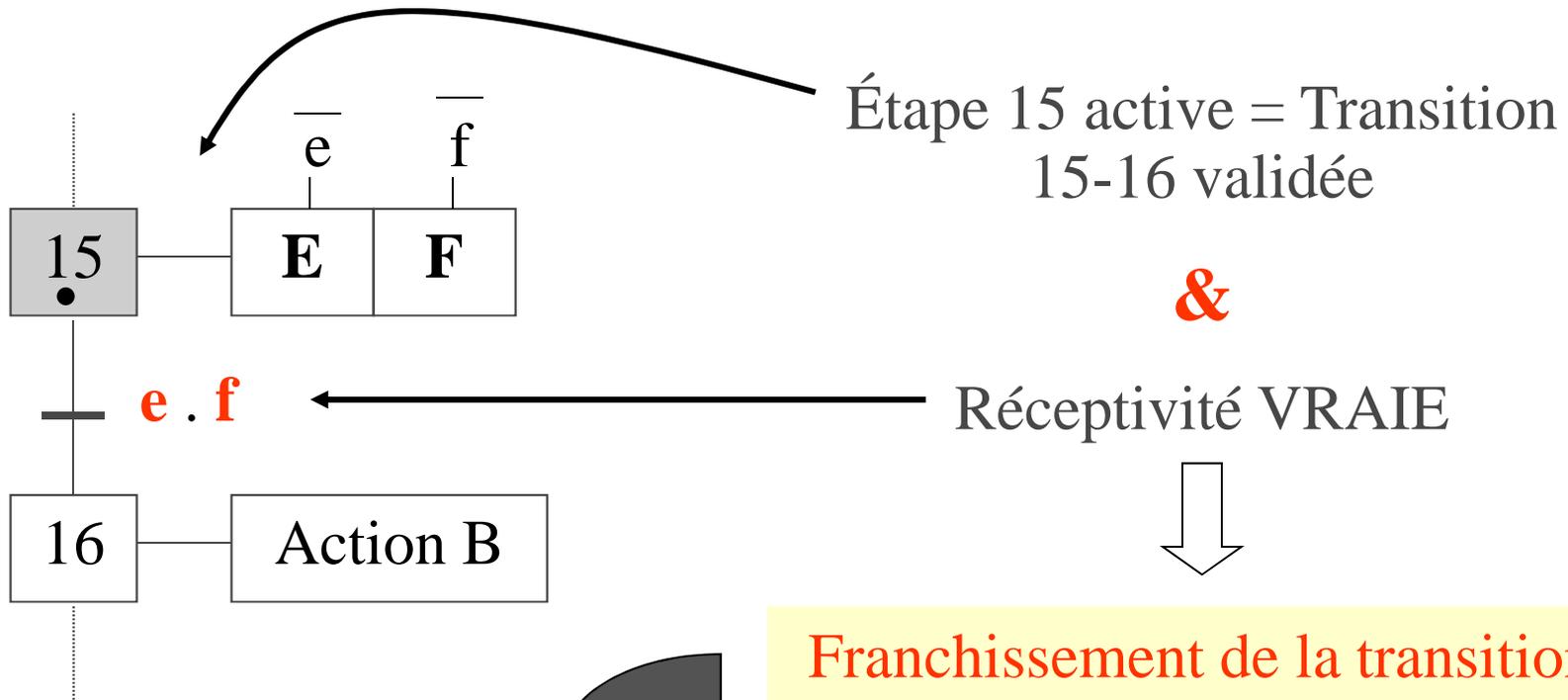
Plus d'actions effectives



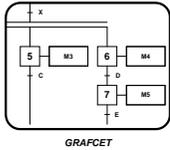
La réceptivité de la transition 15-16 est **VRAIE**



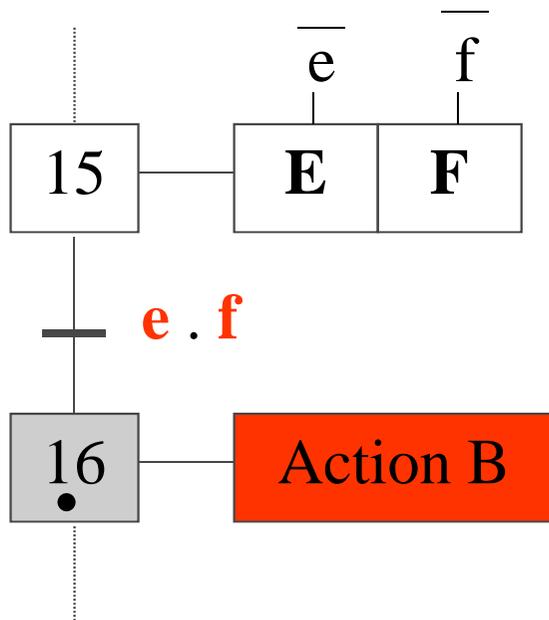
Action conditionnelle



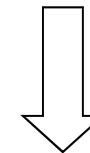
- ⇒ Désactivation de l'étape 15
- ⇒ Activation de l'étape 16



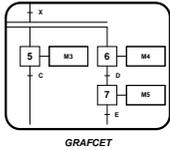
Action conditionnelle



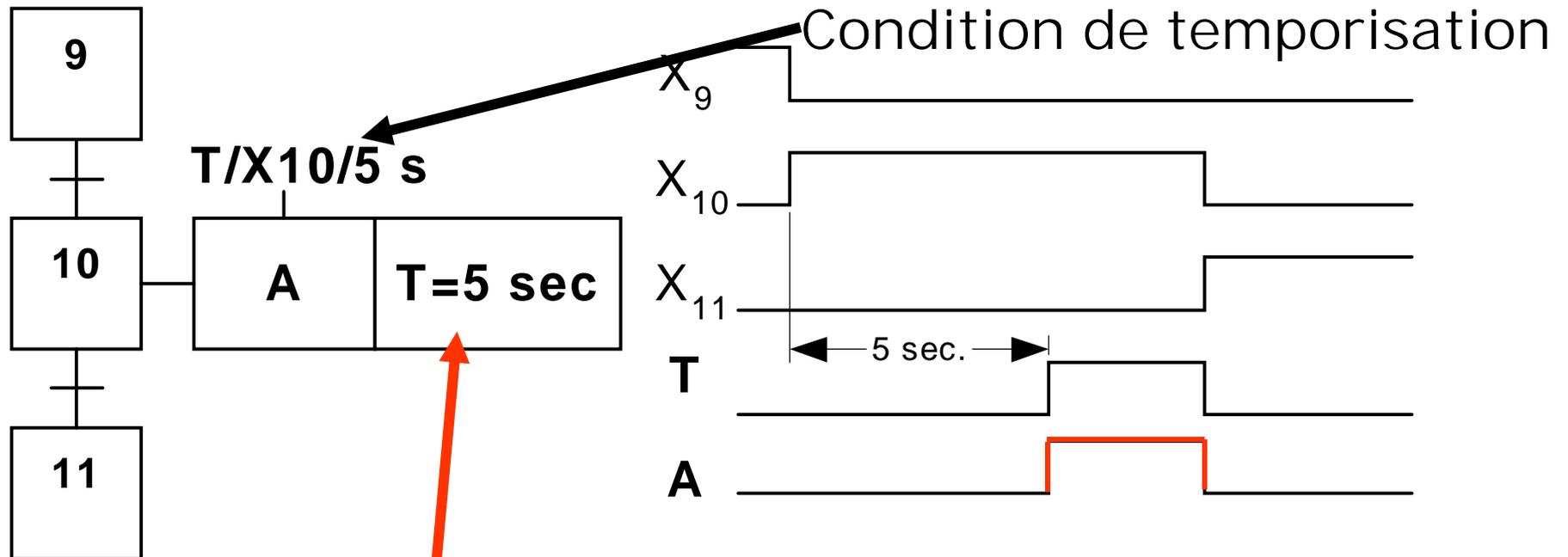
Étape 16 active



Action B effective

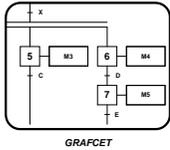


ACTION CONTINUE (3) Action Temporisée

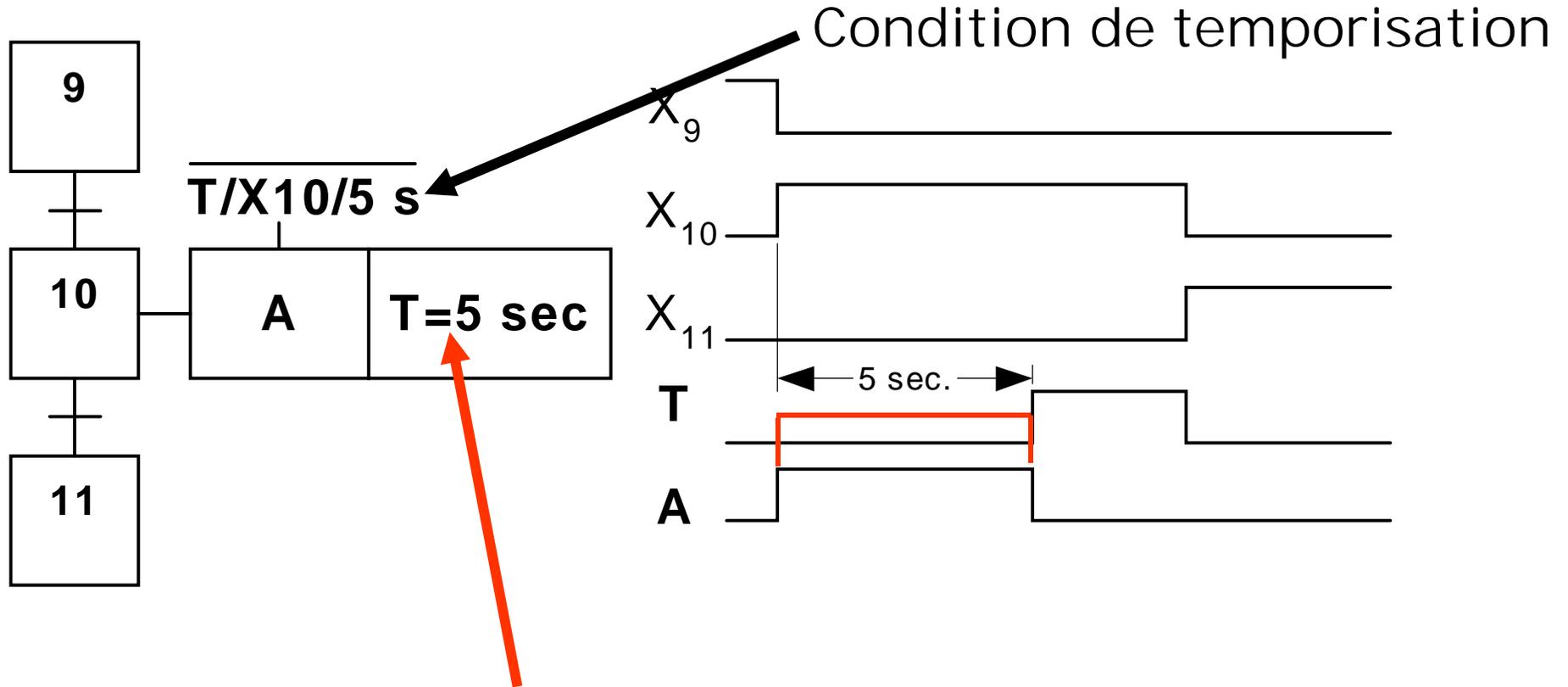


Action de temporisation

Action retardée

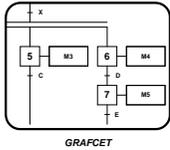


ACTION CONTINUE (4) Action Impulsionnelle

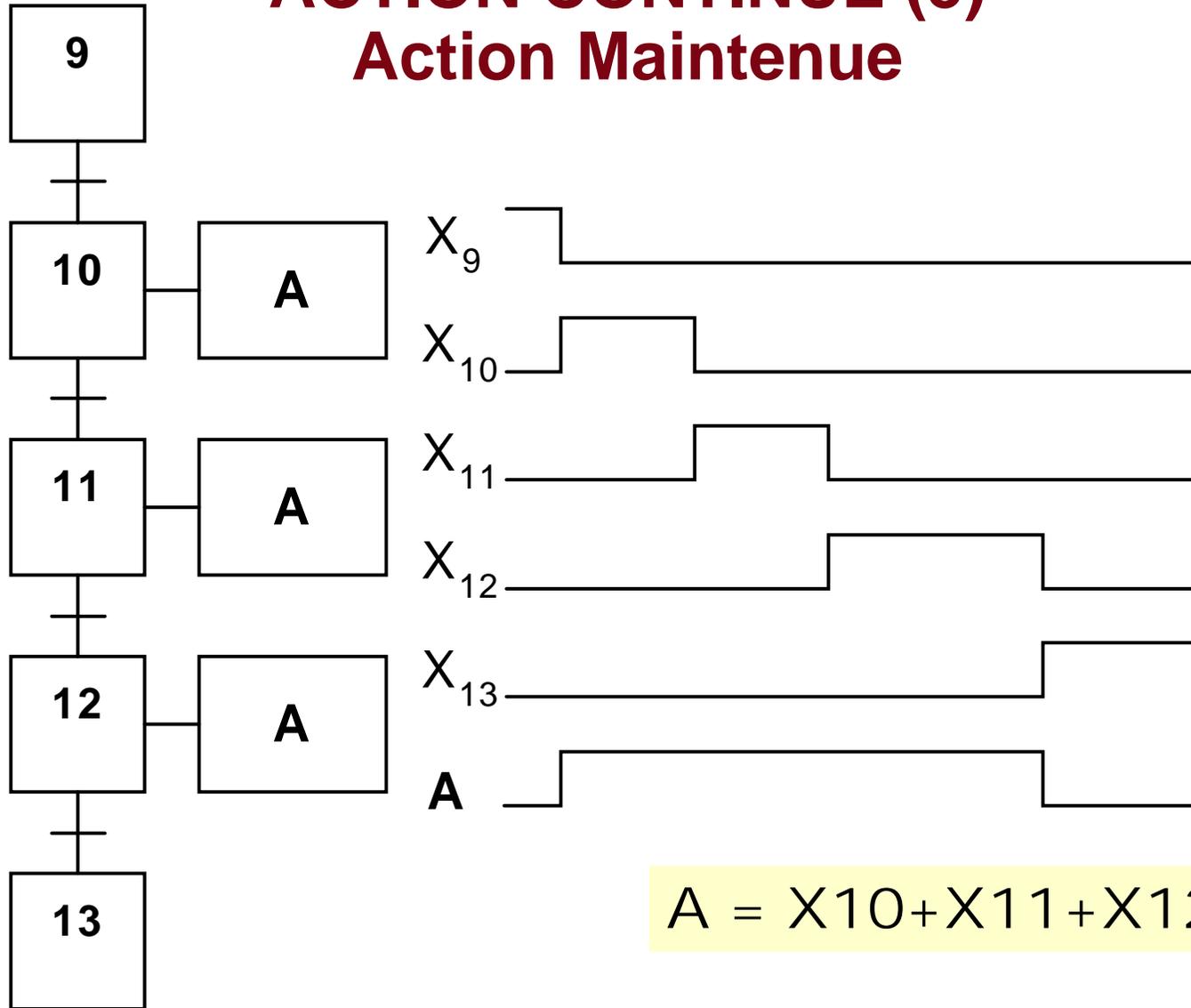


Action de temporisation

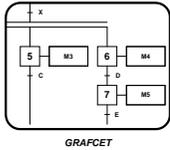
Action limitée dans le temps



ACTION CONTINUE (5) Action Maintenance



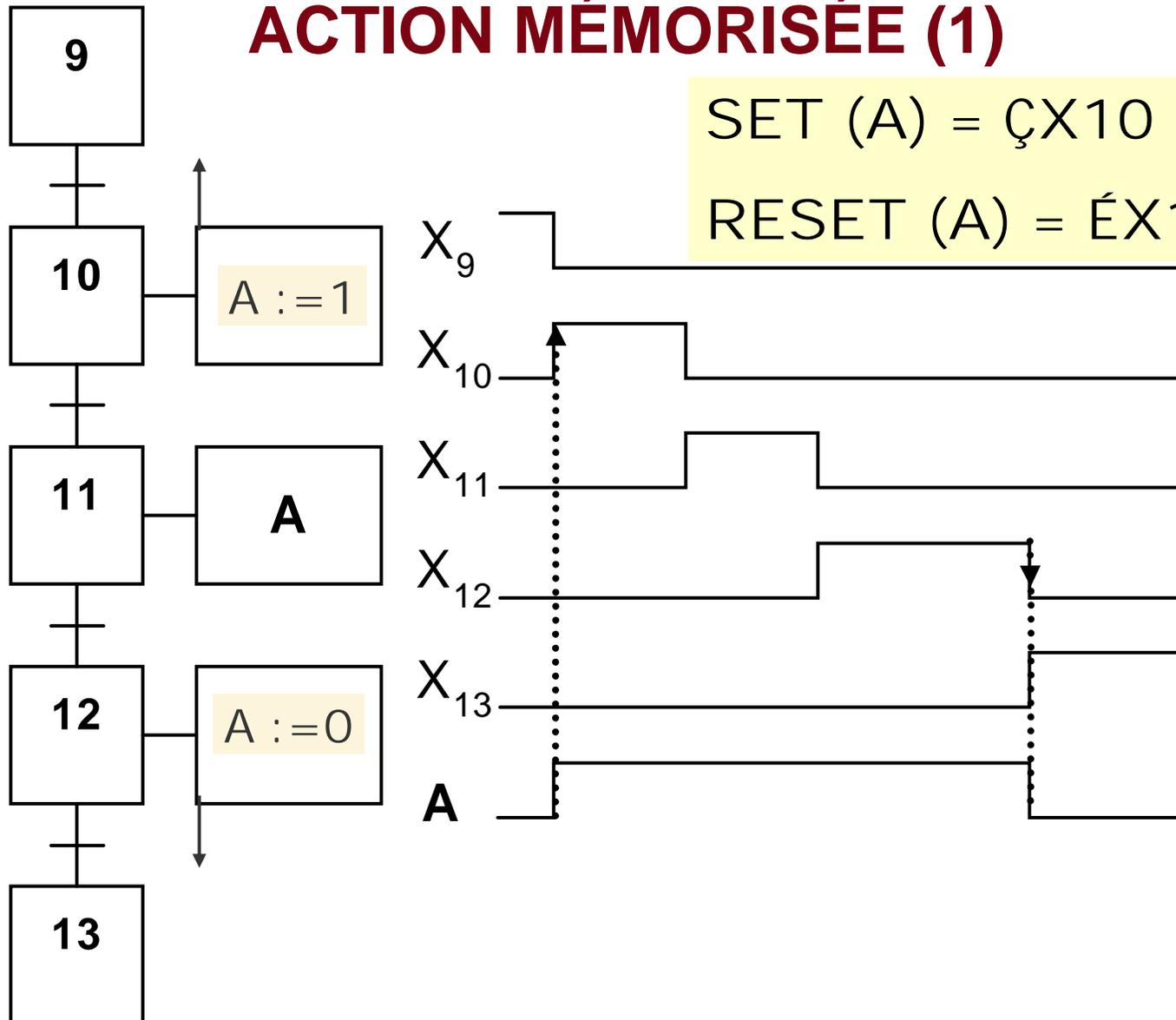
$$A = X10 + X11 + X12$$

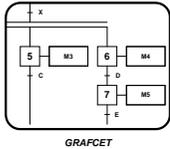


ACTION MÉMORISÉE (1)

SET (A) = ÇX10

RESET (A) = ÉX12

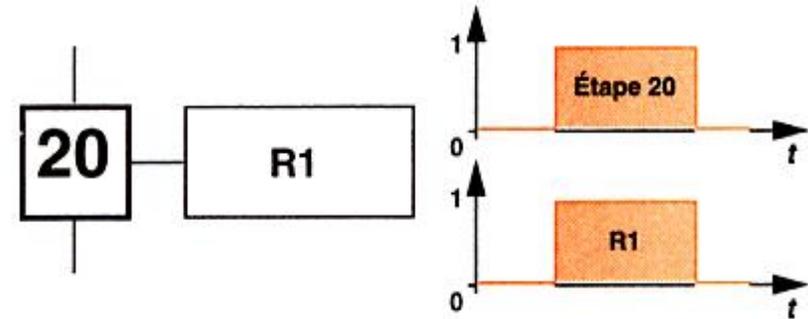




Actions associées aux étapes

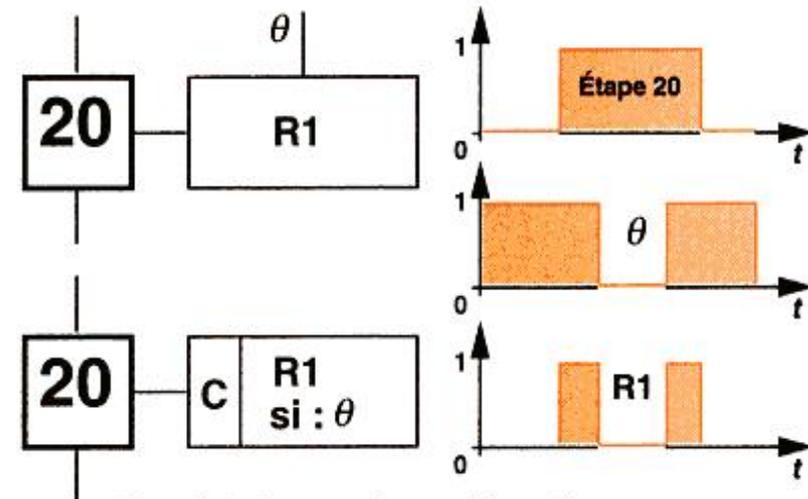
• Action continue

L'action sera effective pendant tout le temps où l'étape sera active.
 Le récepteur R1 sera alimenté pendant tout le temps où l'étape 20 sera active.

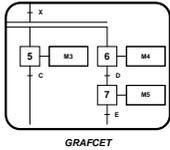


• Action conditionnelle

L'action sera effective si l'étape est active et si la condition associée à l'étape est vérifiée.
 Le récepteur R1 sera alimenté pendant la durée de l'étape 20 tant que θ sera égal à 1.



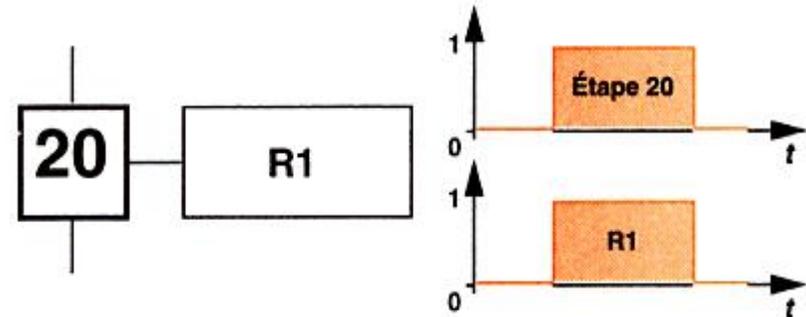
(C : précise le caractère conditionnel.)



Actions associées aux étapes

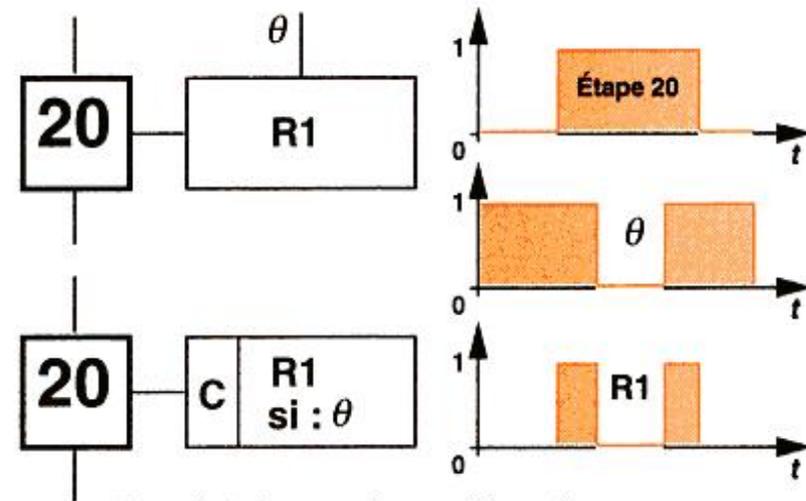
• Action continue

L'action sera effective pendant tout le temps où l'étape sera active.
Le récepteur R1 sera alimenté pendant tout le temps où l'étape 20 sera active.

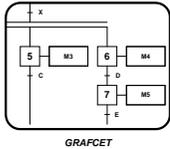


• Action conditionnelle

L'action sera effective si l'étape est active et si la condition associée à l'étape est vérifiée.
Le récepteur R1 sera alimenté pendant la durée de l'étape 20 tant que θ sera égal à 1.



(C : précise le caractère conditionnel.)



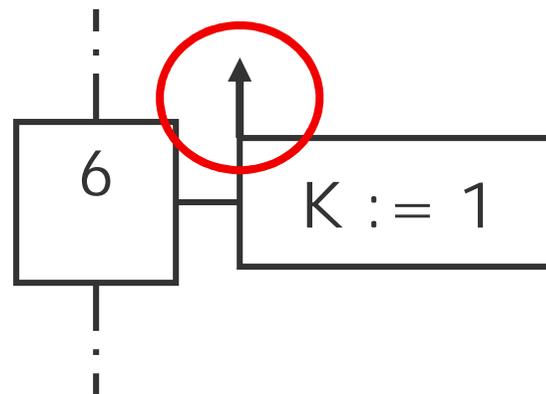
ACTION MÉMORISÉE (2)

Activation

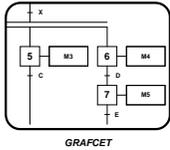
Action à l'activation

Une action à l'activation est une action mémorisée associée à l'ensemble des évènements internes qui ont chacun pour conséquence l'activation de l'étape liée à cette action.

Exemple :



La variable booléenne K est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des évènements conduisant à l'activation de l'étape 6 se produit.

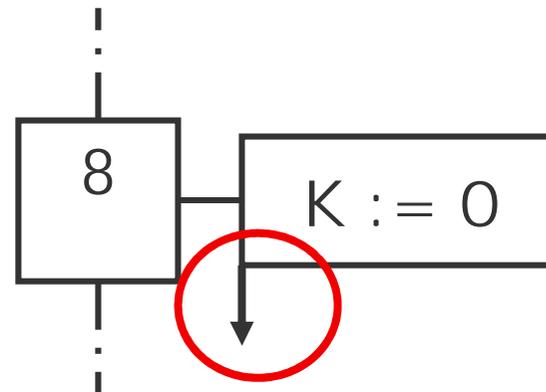


ACTION MÉMORISÉE (3) Désactivation

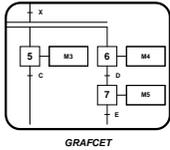
Action à la désactivation

Une action à la désactivation est une action mémorisée associée à l'ensemble des évènements internes qui ont chacun pour conséquence la désactivation de l'étape liée à cette action.

Exemple :



La variable booléenne K est affectée à la valeur 0 lorsque l'un des évènements conduisant à la désactivation de l'étape 8 se produit.

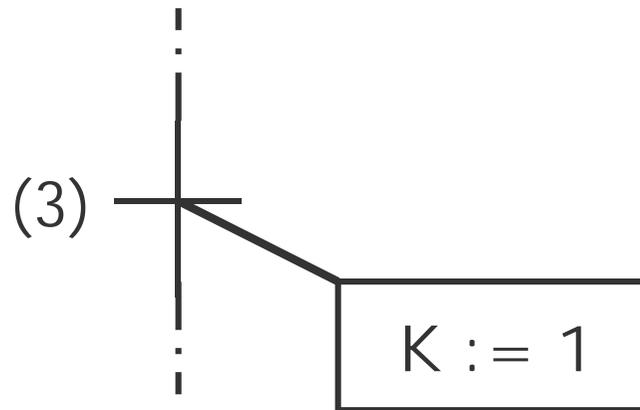


ACTION MÉMORISÉE (4) Franchissement

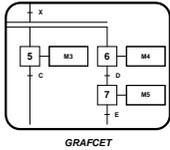
Action au franchissement

Une action au franchissement est une action mémorisée associée à l'ensemble des évènements internes qui ont chacun pour conséquence le franchissement de la transition à laquelle l'action est reliée.

Exemple :



La variable booléenne K est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des évènements conduisant au franchissement de la transition 3 se produit.

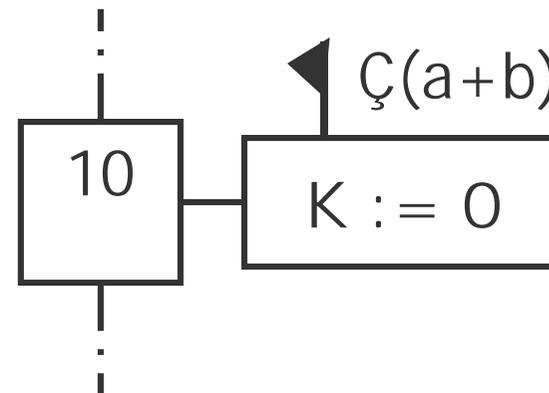


ACTION MÉMORISÉE (5) Évènement

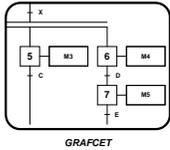
Action sur évènement

Une action sur évènement est une action mémorisée associée à chacun des évènements internes précisés, à condition que l'étape à laquelle l' action est reliée soit active.

Exemple :



La variable booléenne K est affectée à la valeur 0 lorsque l'un des évènements représenté par «Ç(a+b) » se produit et que simultanément l'étape 10 est active.



ÉVOLUTION FUGACE (1)

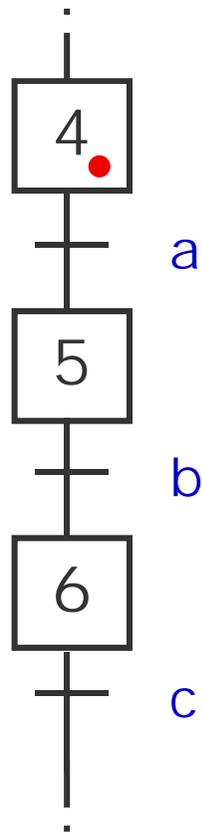
On parle d'évolution fugace lorsque l'application des règles d'évolution conduit au franchissement de plusieurs transitions consécutives.

exemple :

$a=0$

$b=1$

$c=0$



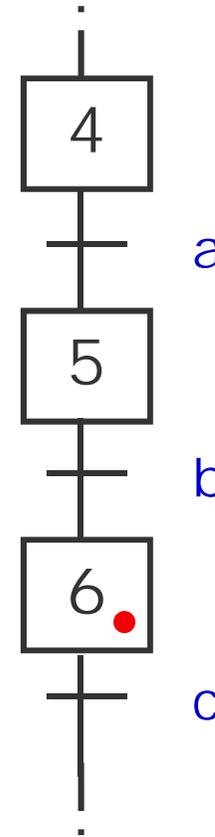
$a=1$

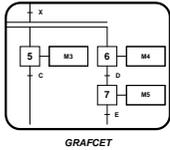
$b=1$

$c=0$



Évolution fugace





ÉVOLUTION FUGACE (2)

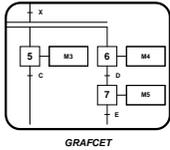
Dans le cas d'une évolution fugace, les étapes intermédiaires, dites **étapes instables**, ne sont pas activées réellement, mais on considère qu'elles ont été virtuellement activées puis désactivées.

Conséquence sur les actions continues :

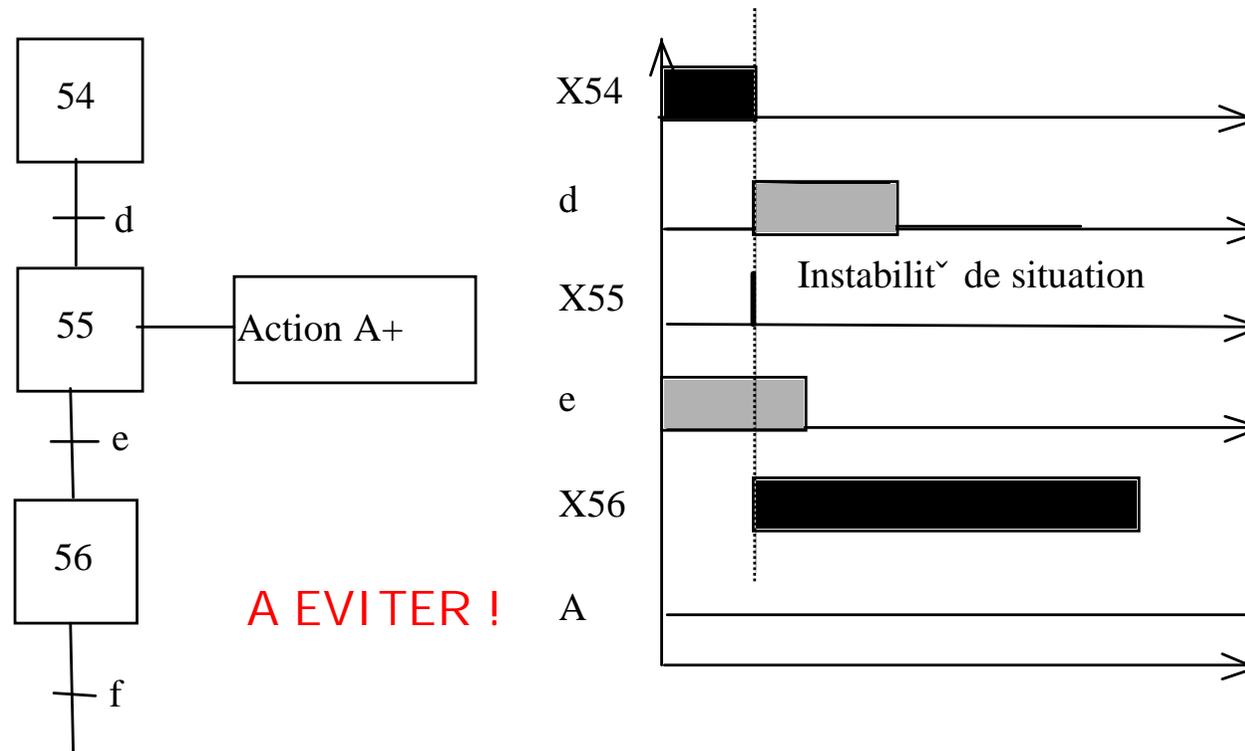
- les actions continues associées à une étape instable ne sont pas effectives

Conséquence sur les actions mémorisées :

- les actions mémorisées associées à une étape instable sont effectives



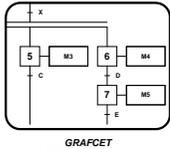
Principe d'évolution



A EVITER !

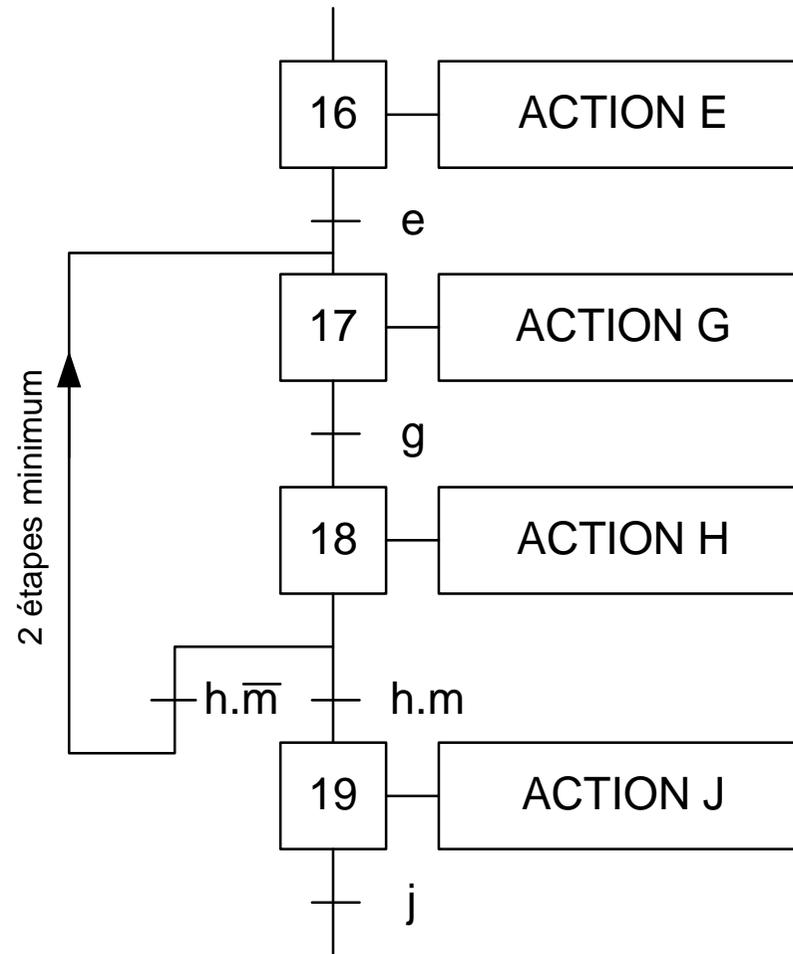
La réceptivité est égale à 1 et la transition devient validée

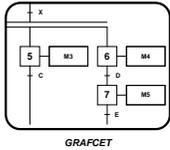
La transition est validée et la réceptivité devient égale à 1



• Reprise de séquence

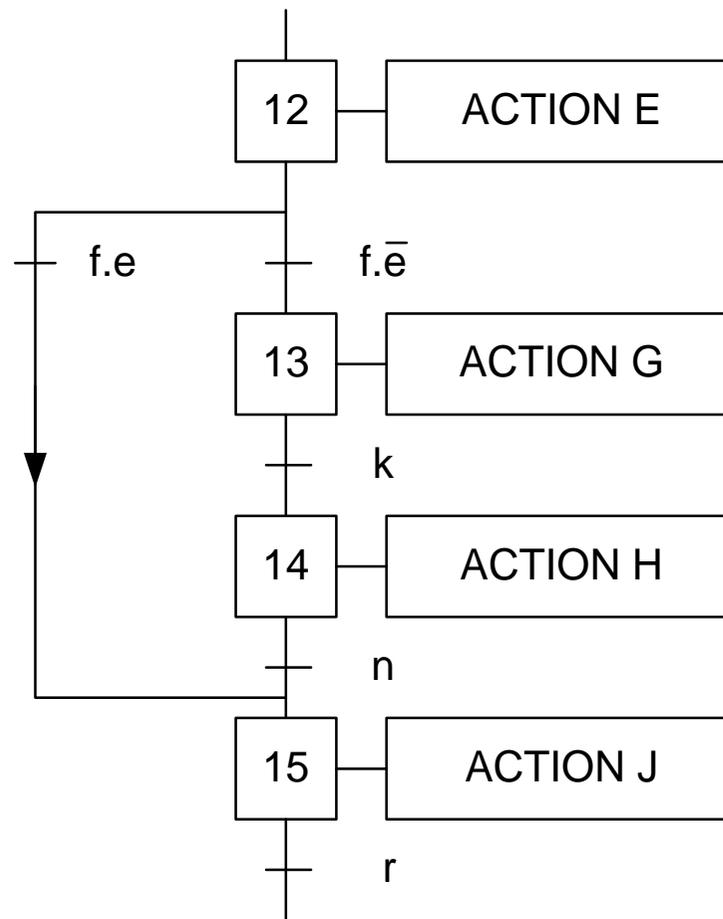
Reprise de la séquence 17-18 par la réceptivité $(h.\bar{m})$ tant que la réceptivité $(h.m)$ n'est pas vraie.

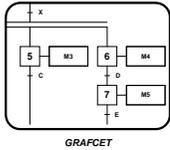




Saut d'étape

Saut de l'étape 12 à l'étape 15 si la réceptivité (f.e) est vraie.

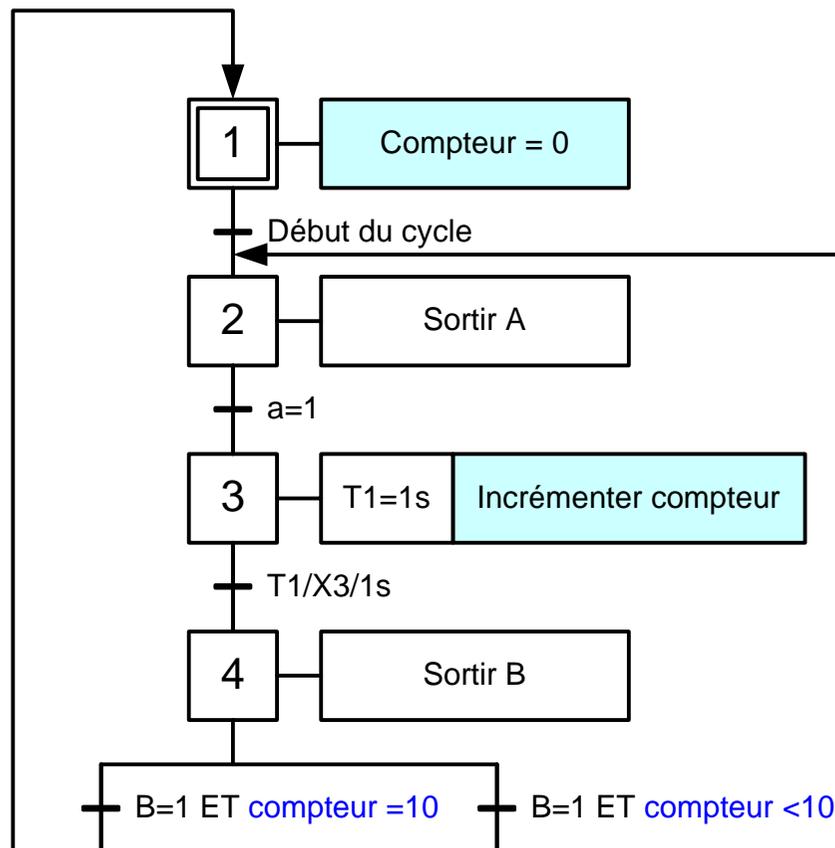


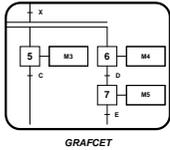


Compteur

Un compteur peut être utilisé pour réaliser un cycle d'un certain nombre de fois. Le compteur peut être incrémenté (+ 1) décrétement (- 1) mis à zéro ou mis à une valeur donnée.

On peut utiliser les signes = \neq < \leq > dans les réceptivités.



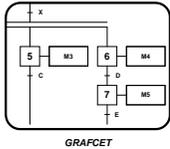


Le Grafcet

- Les temporisations
 - Une variable de temporisation est une variable logique dont le mode d'évaluation permet de prendre en compte le temps.
 - En général, est égale à 1 dès qu'un délais de q secondes s'est écoulé après le changement d'état de 0 à 1 d'une variable d'entrée E (temporisation à l'appel). s'écrit alors :

$$= t / E / q$$

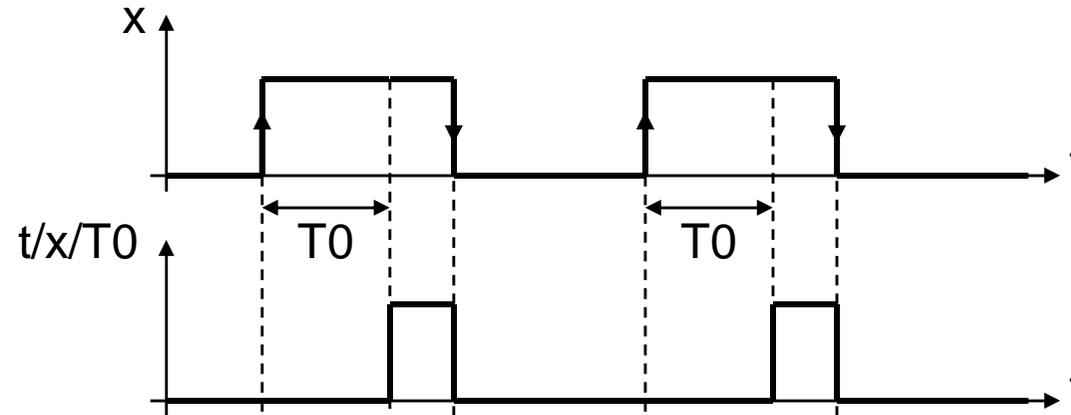
- ♦ La variable d'entrée est soit :
 - Une variable d'état X_i : $t / X_i / 10s$
 - Une variable externe : $t / a / 10s$



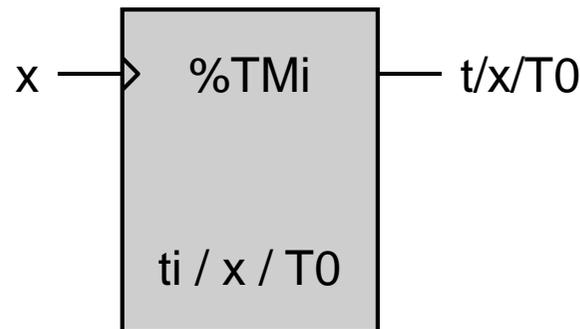
Le Grafcet

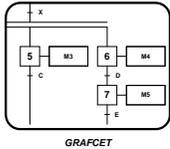
- Les différents types de temporisations :
 - Temporisation à l'appel : $t / x / T0$

chronogramme :



symbole :

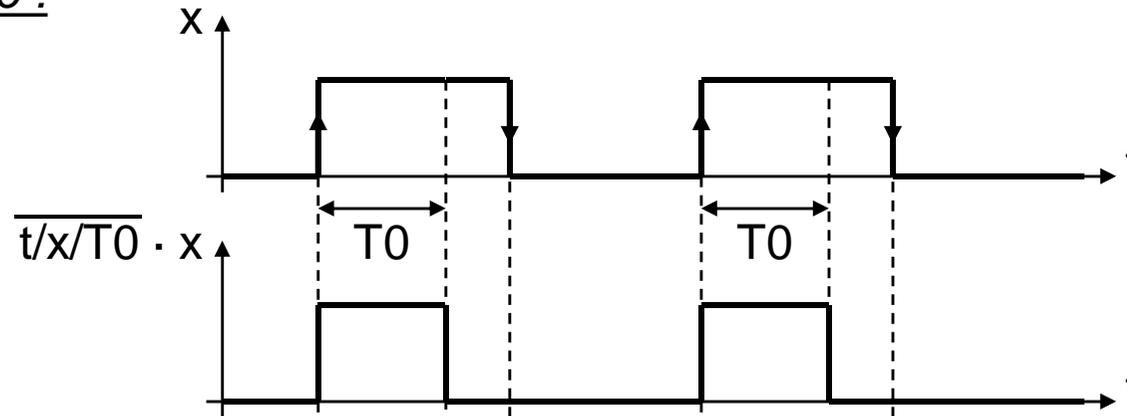




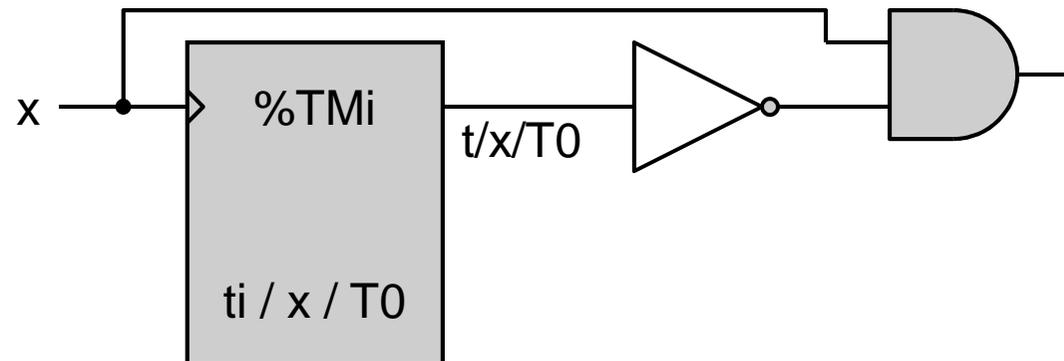
Le Grafcet

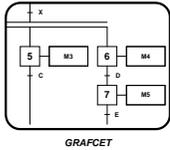
– Temporisation de passage à l'appel : $\overline{t/x/T0} \cdot x$

chronogramme :



logigramme :

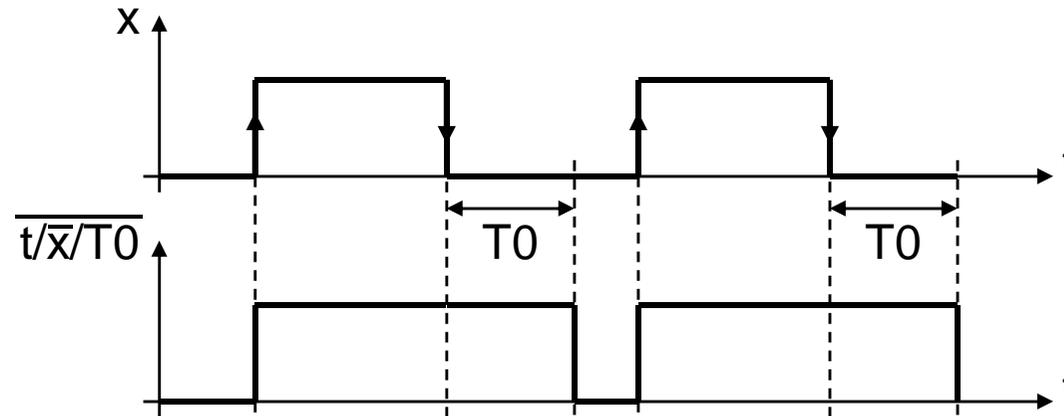




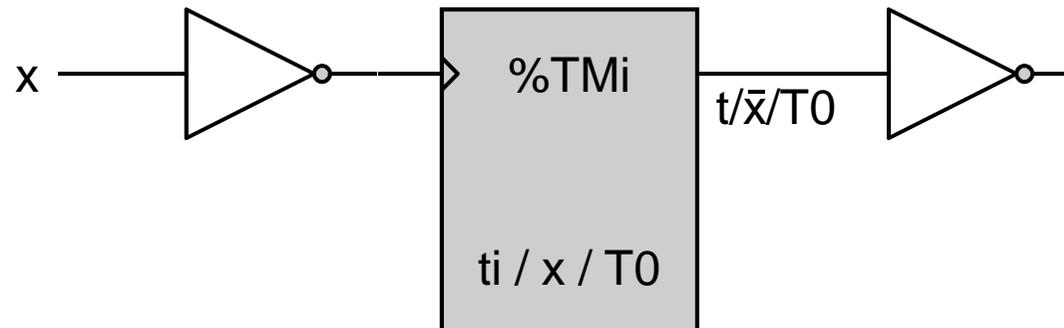
Le Grafcet

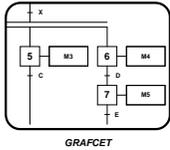
– Temporisation à la retombée : $\overline{t / \bar{x} / T0}$

chronogramme :



logigramme :

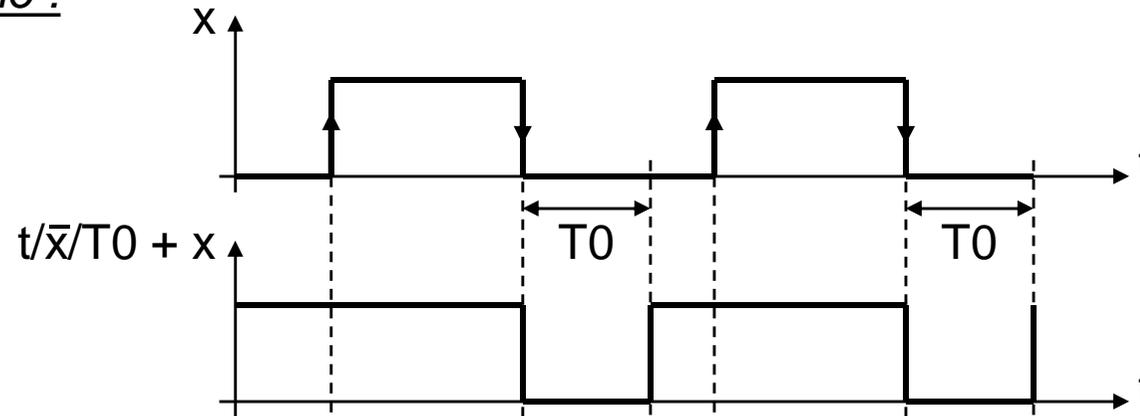




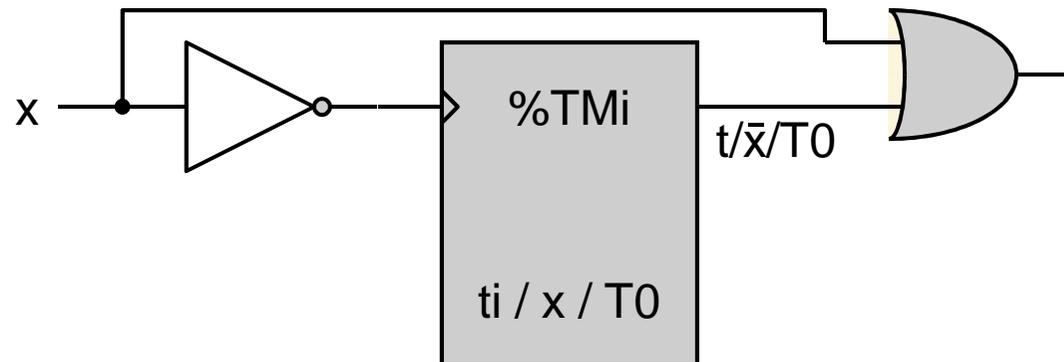
Le Grafcet

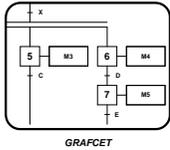
– Temporisation de passage à la retombée : $t / \bar{x} / T0 + x$

chronogramme :



logigramme :

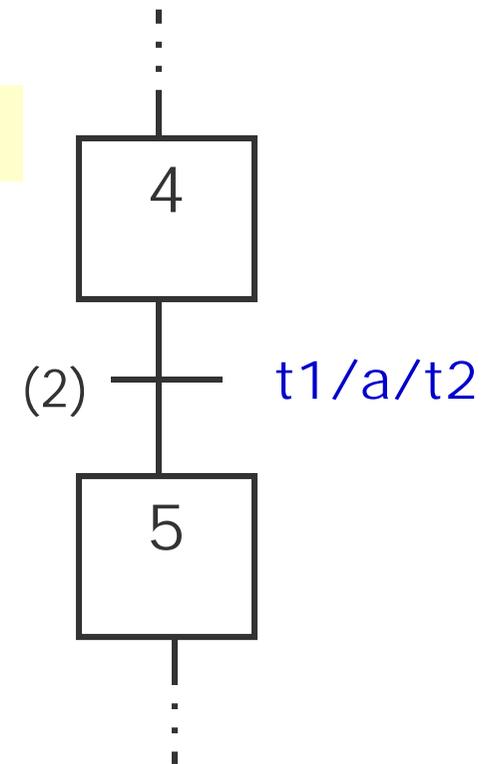
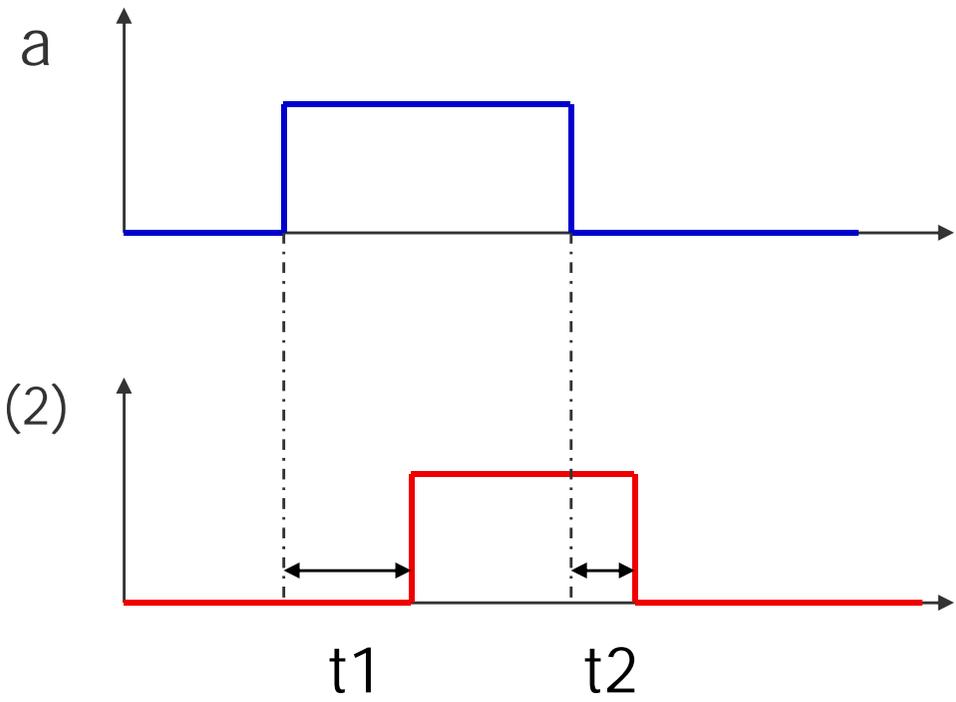


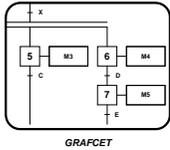


RECEPTIVITES (3) association aux transitions

Cas particuliers

Réceptivité dépendant du temps



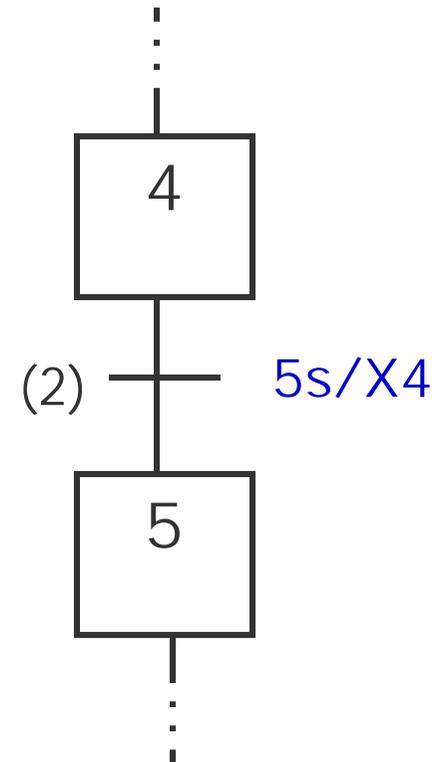
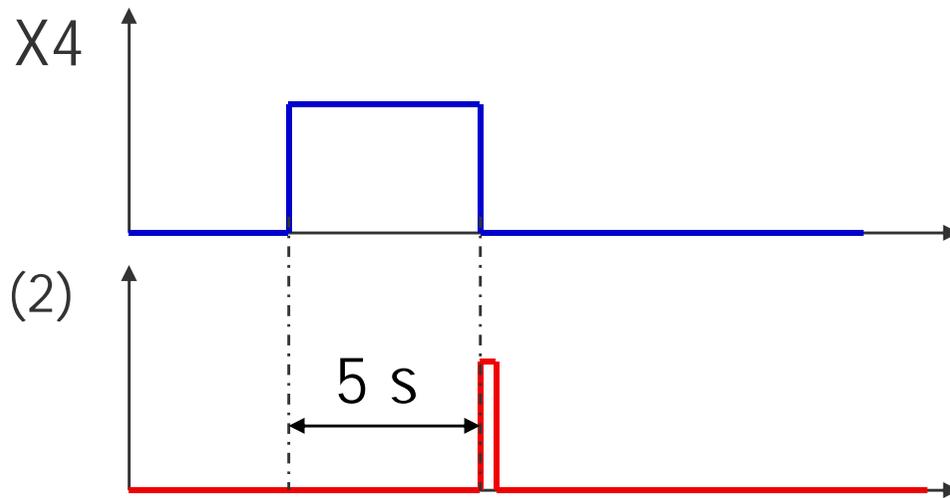


RECEPTIVITES (4) association aux transitions

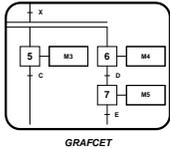
Cas particuliers

Réceptivité dépendant du temps

utilisation courante : $t_2=0$ et $a=X_i$

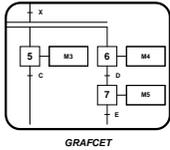


La durée de l'étape 4 est limitée à 5 secondes

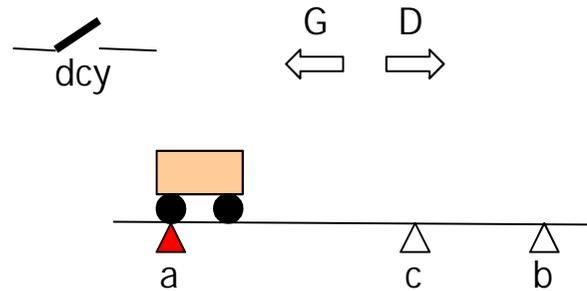
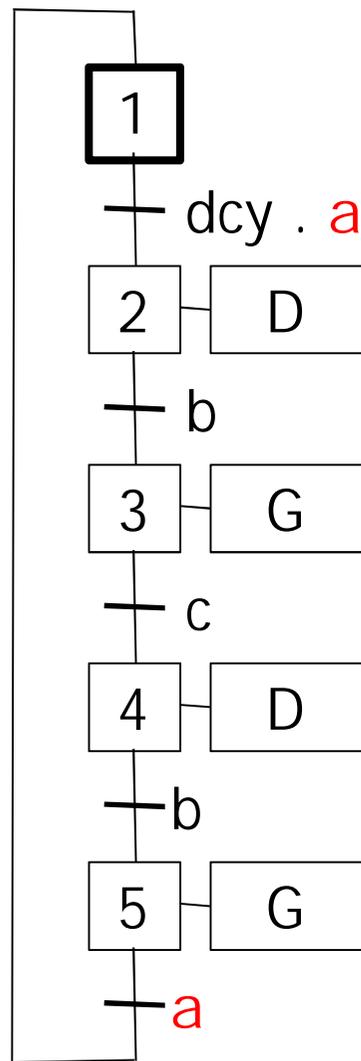


En conclusion

*En milieu industriel, le mode **continu** doit être privilégié pour toutes les sorties à destination des actionneurs et le mode **mémorisé** réservé aux tâches internes de **commande** (incrémentations de compteurs, modifications de la valeur d'un registre numérique...)*

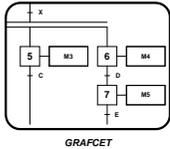


Exemple d'application

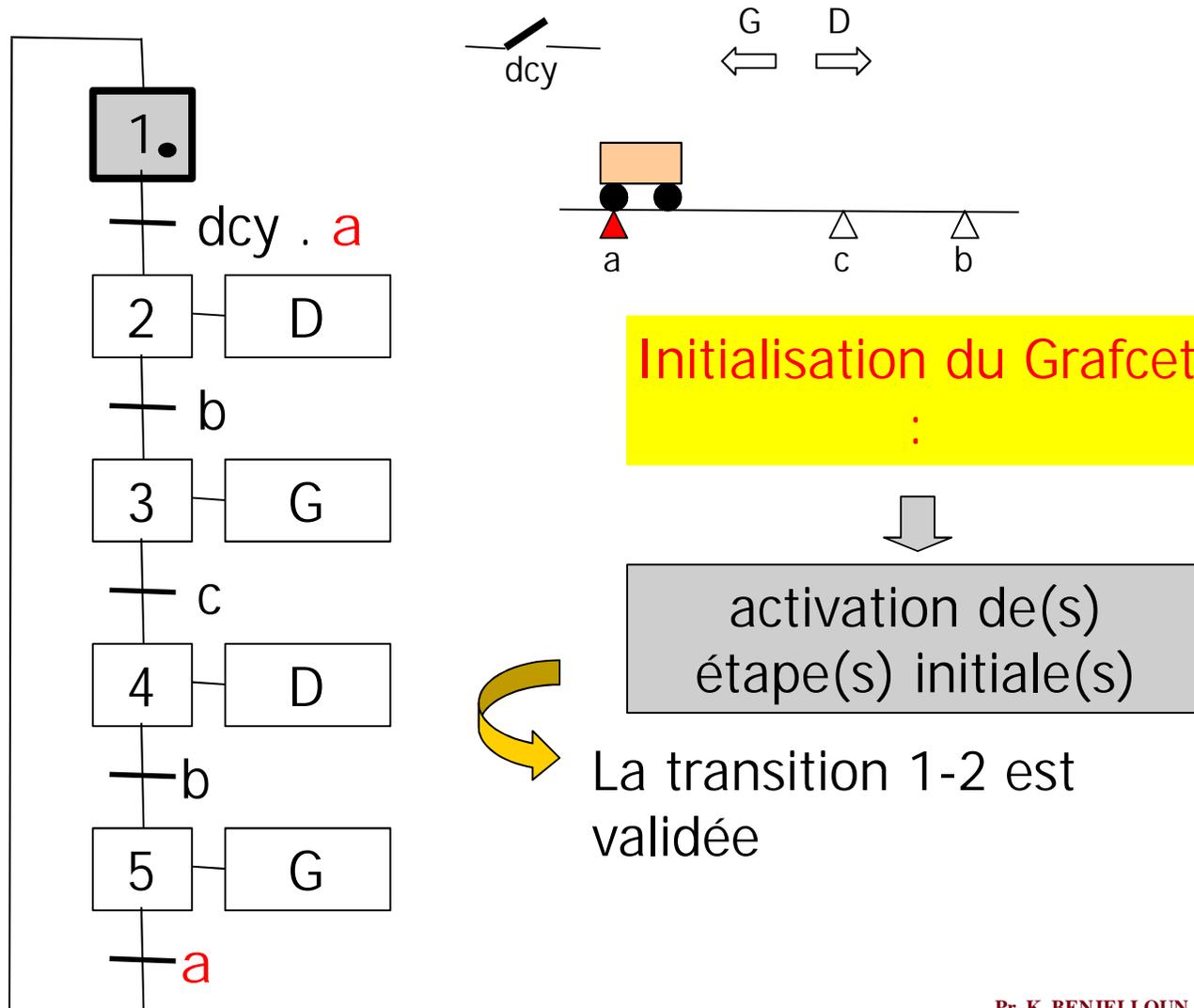


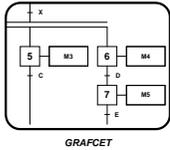
Cahier des charges:
Après l'ordre de départ cycle « dcy », le chariot part jusque b, revient en c, repart en b puis rentre en a

- Capteurs:**
- a : chariot à gauche
 - b : chariot à droite
- Actionneurs:**
- D : aller à droite
 - G : aller à gauche

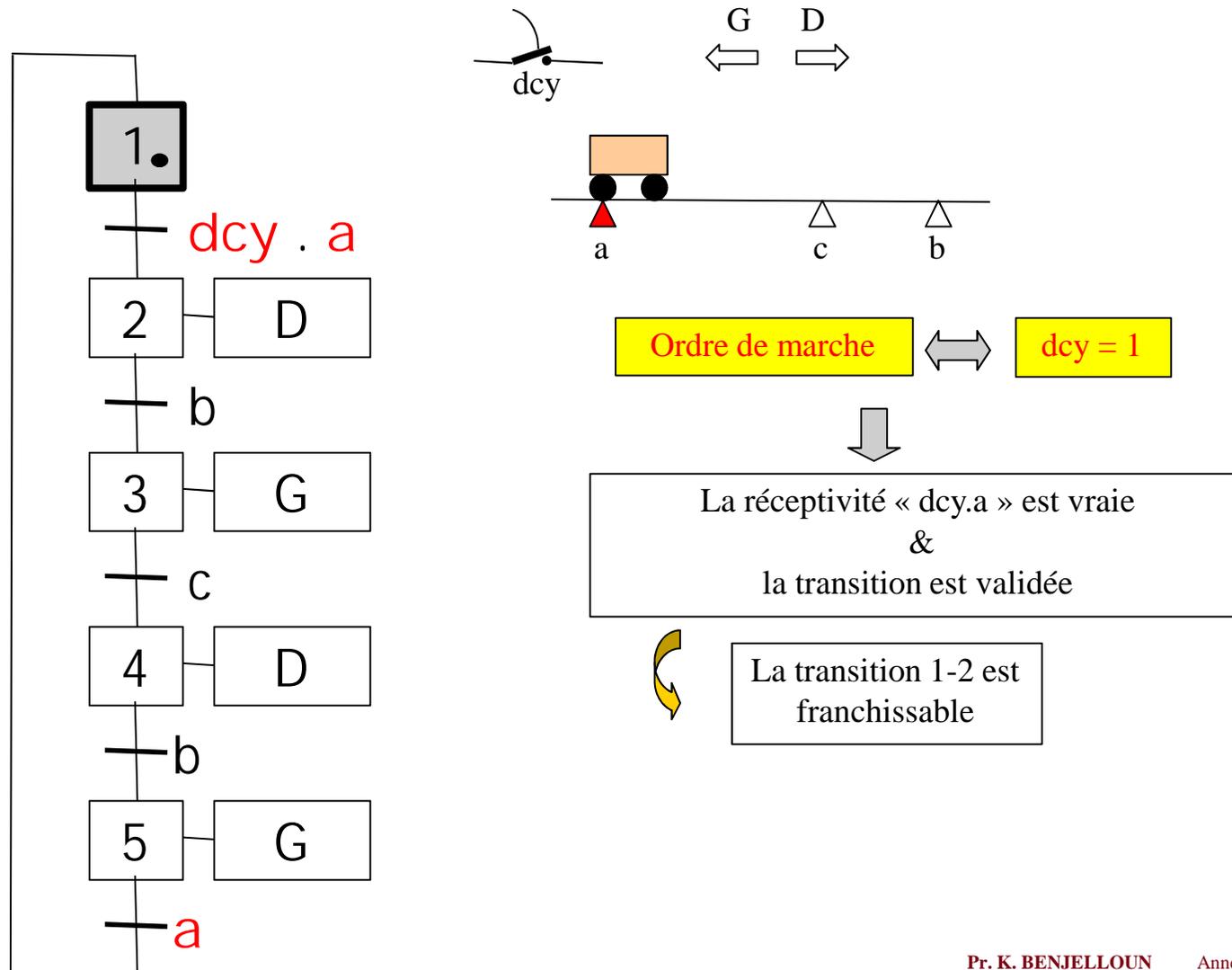


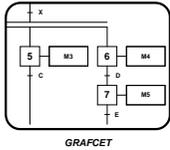
Exemple d'application



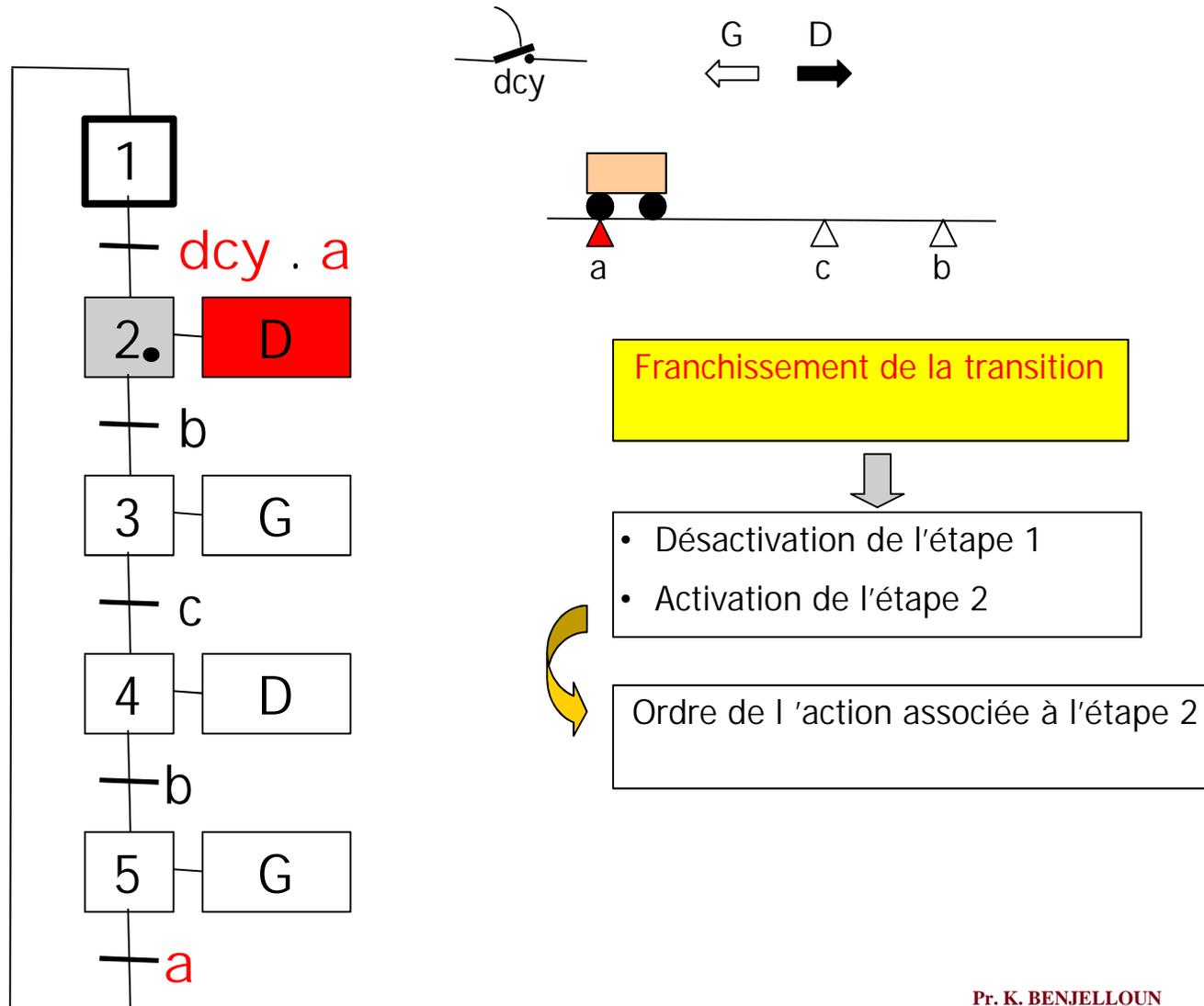


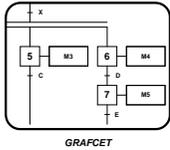
Exemple d'application



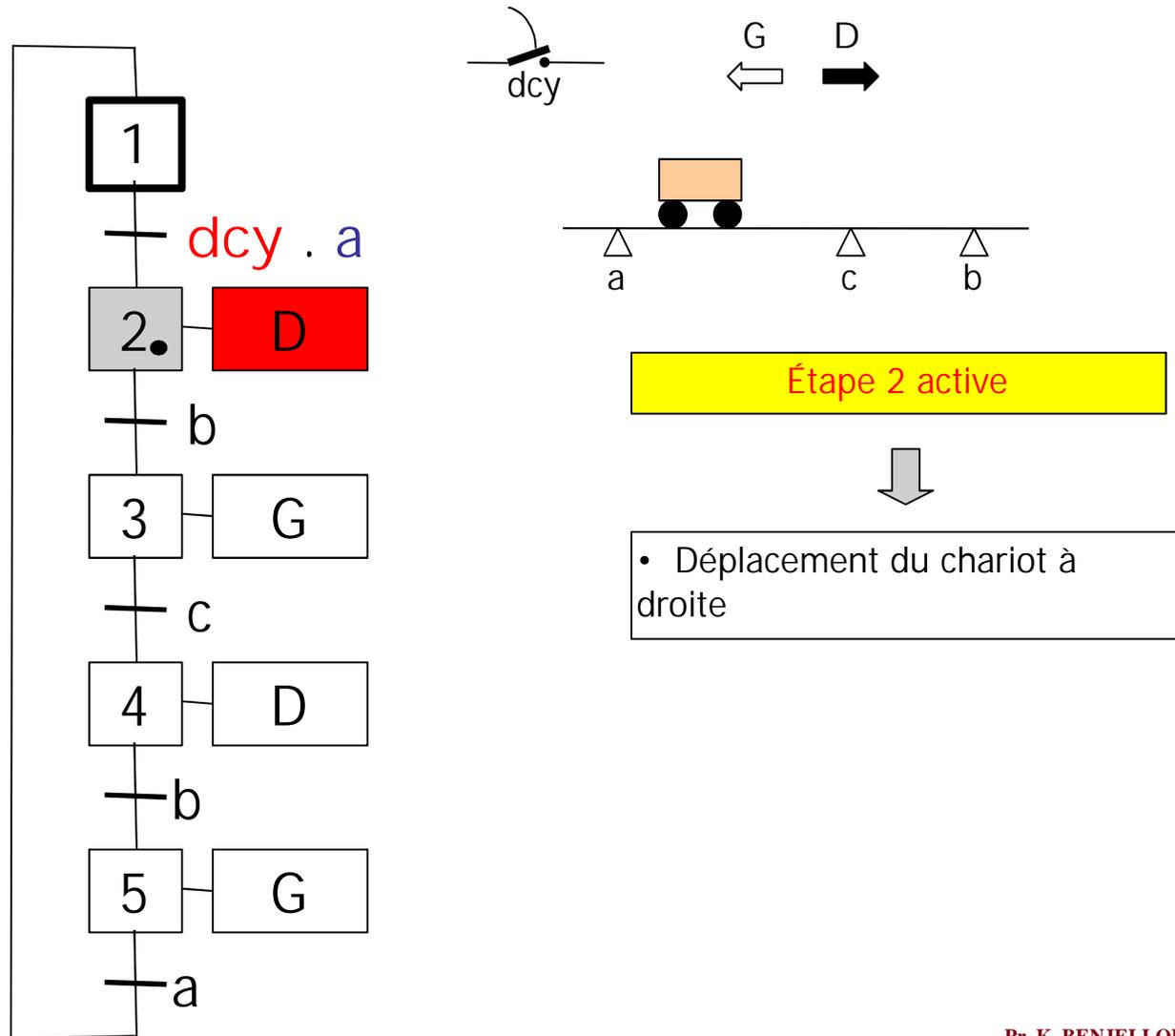


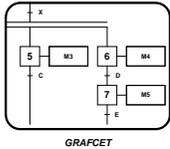
Exemple d'application



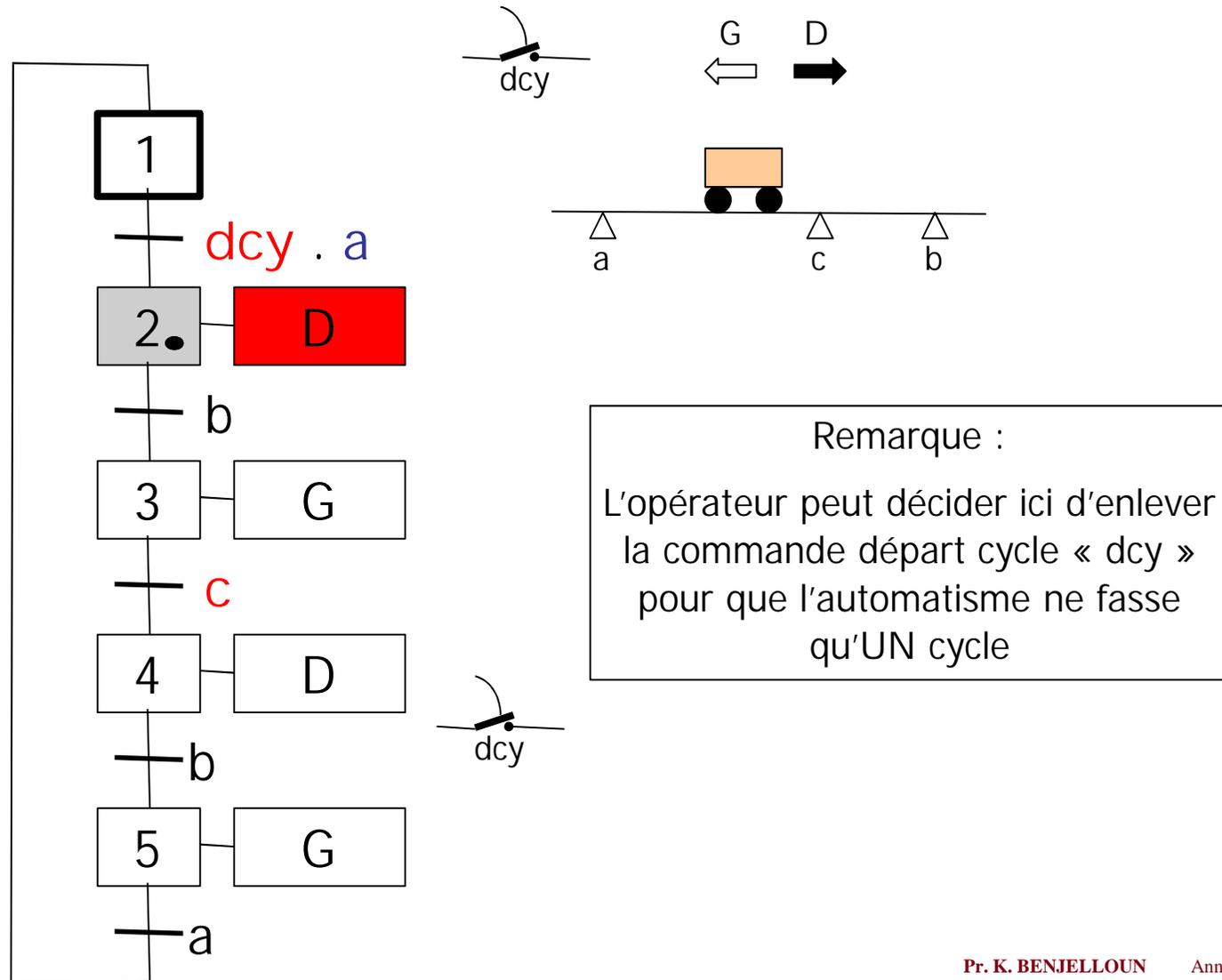


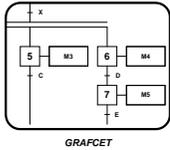
Exemple d'application



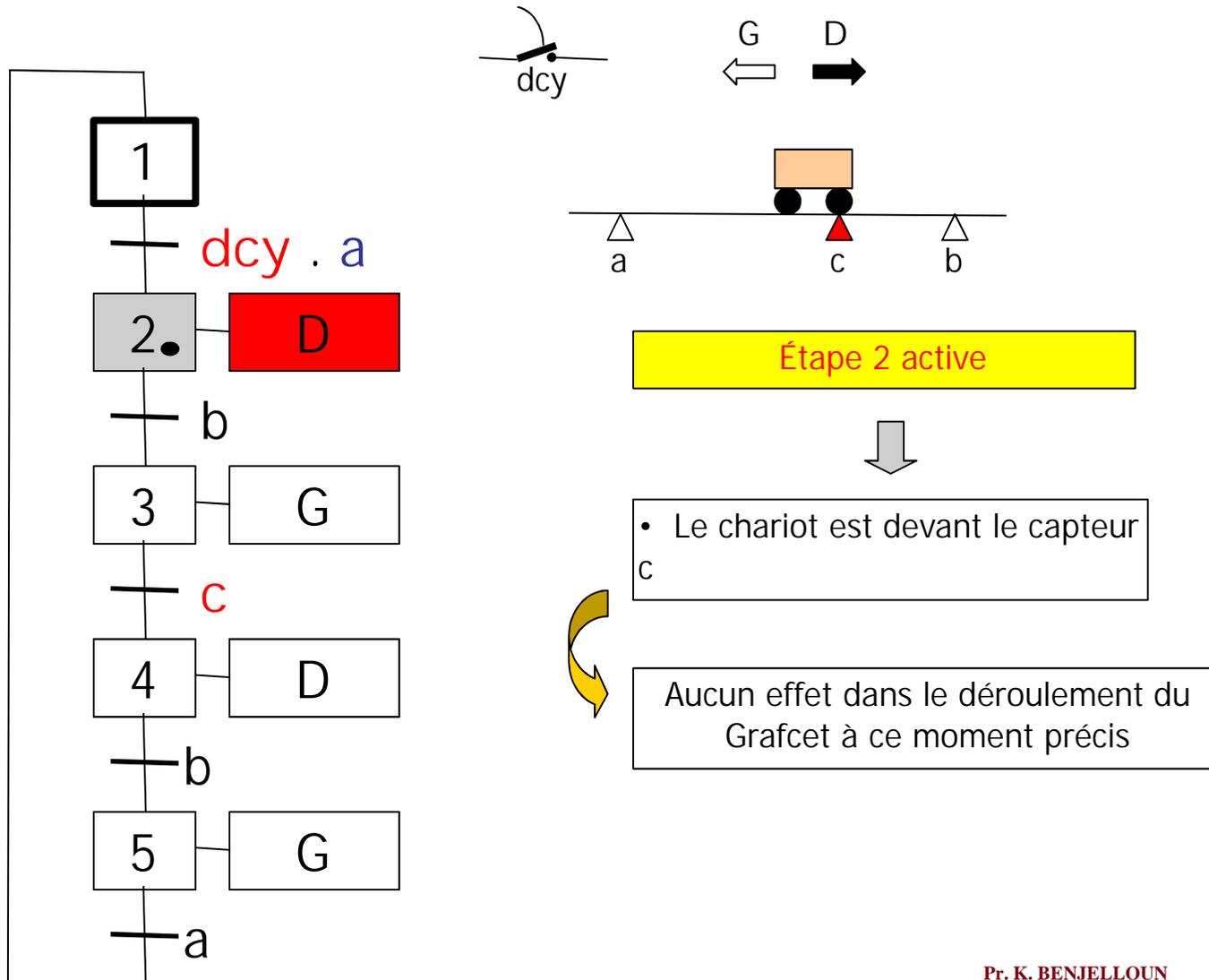


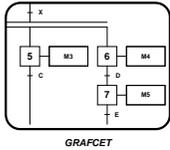
Exemple d'application



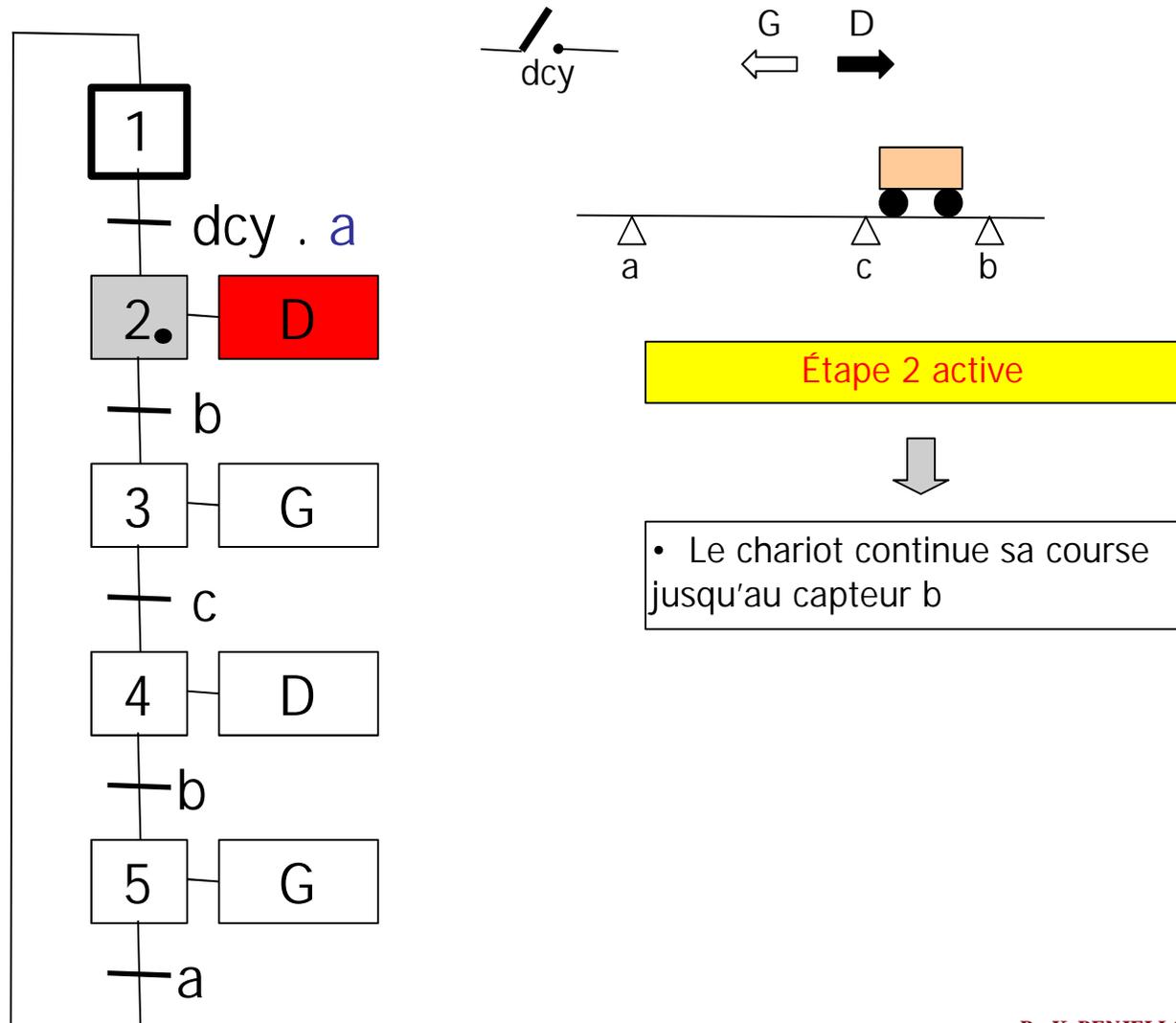


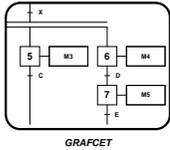
Exemple d'application



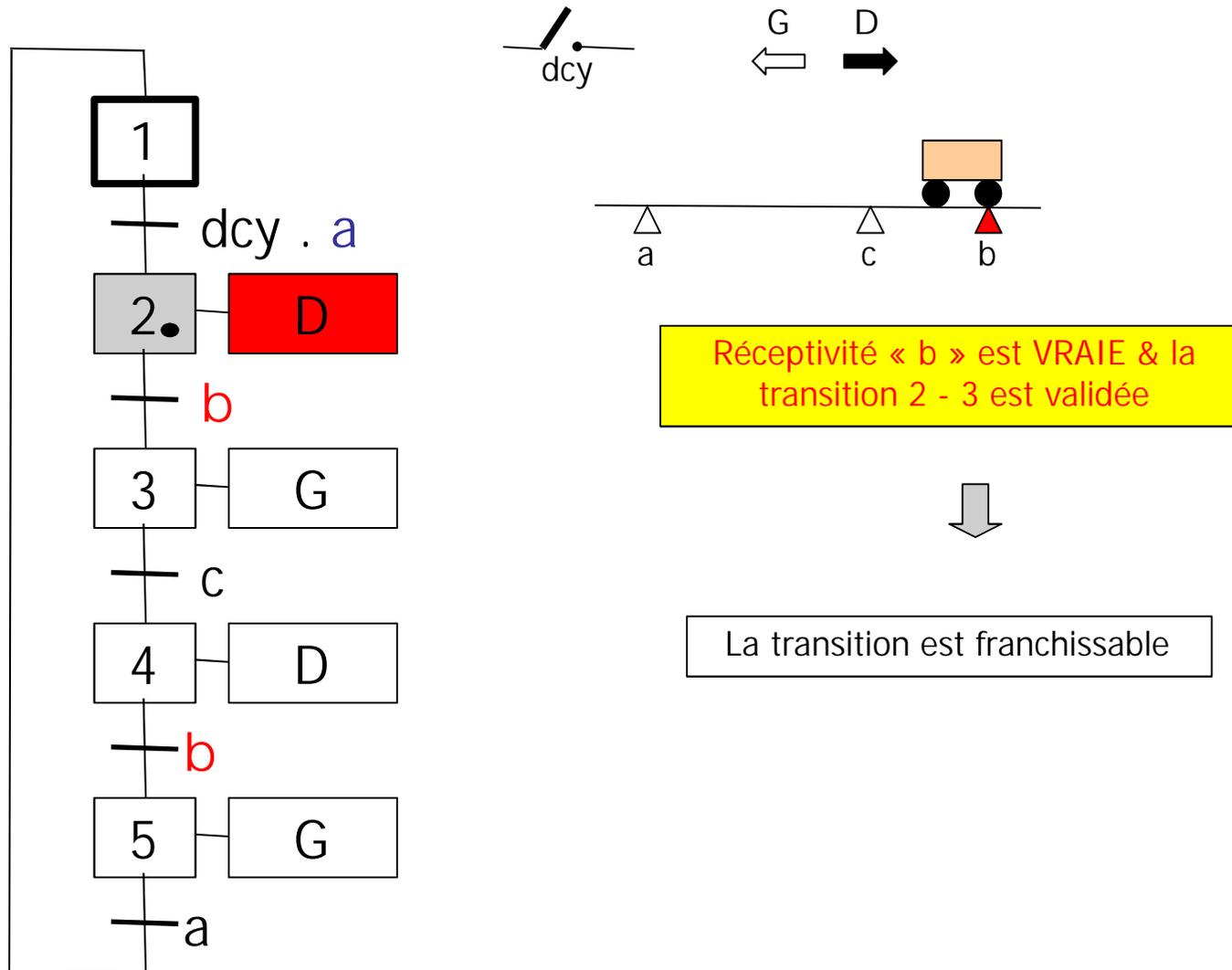


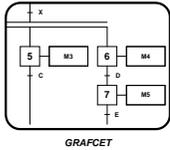
Exemple d'application



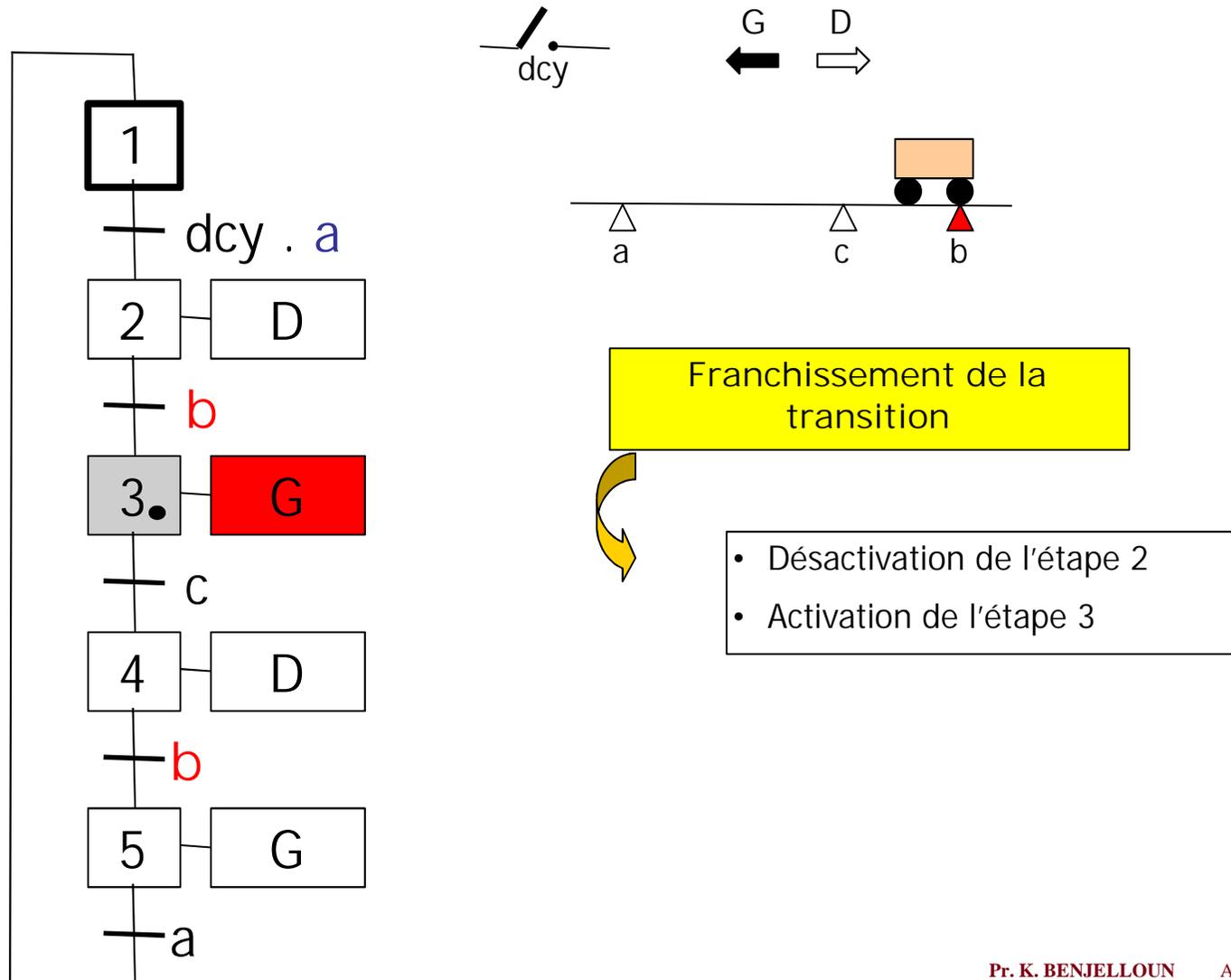


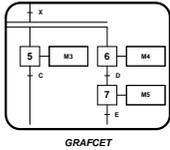
Exemple d'application



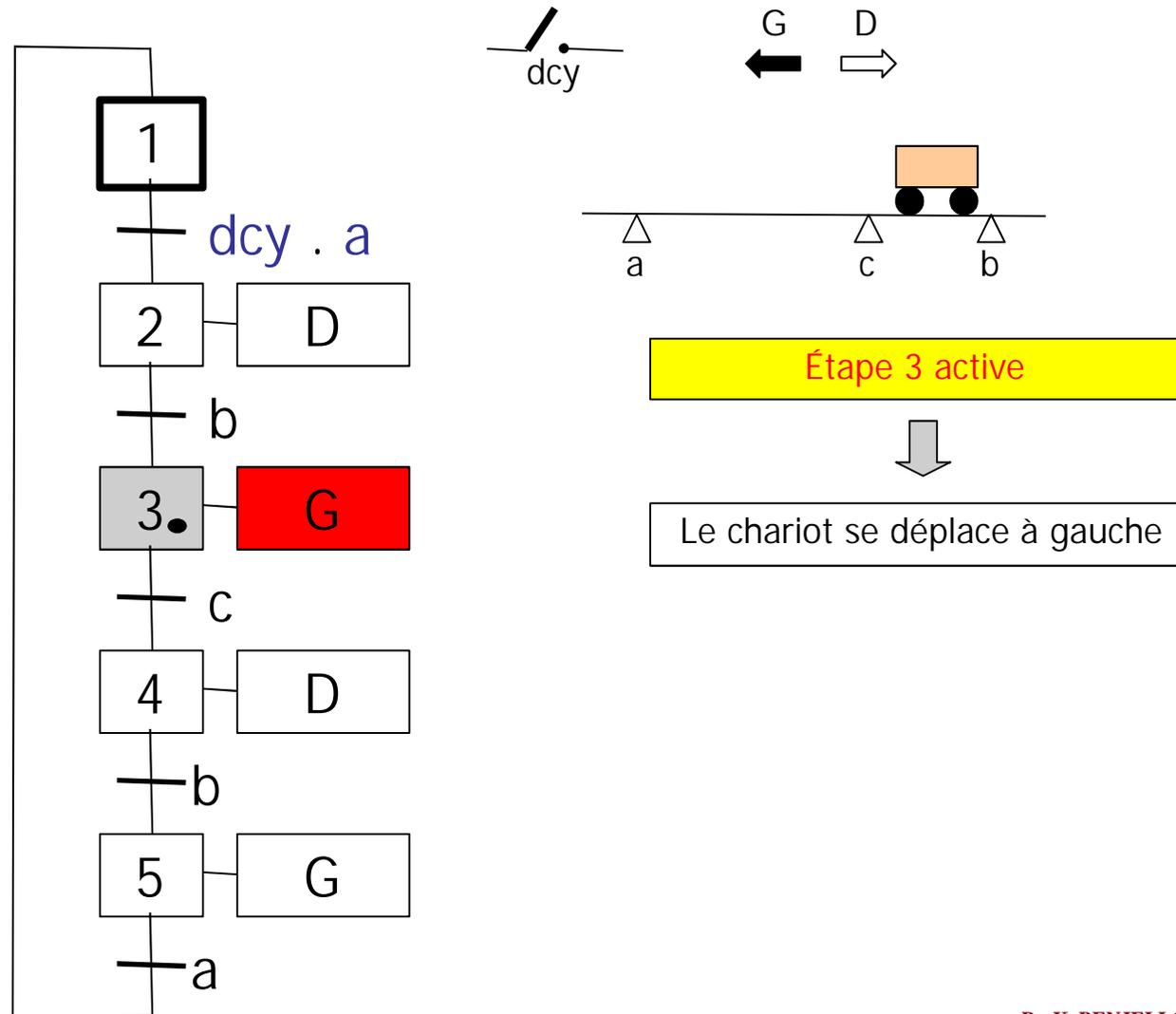


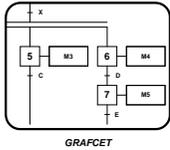
Exemple d'application



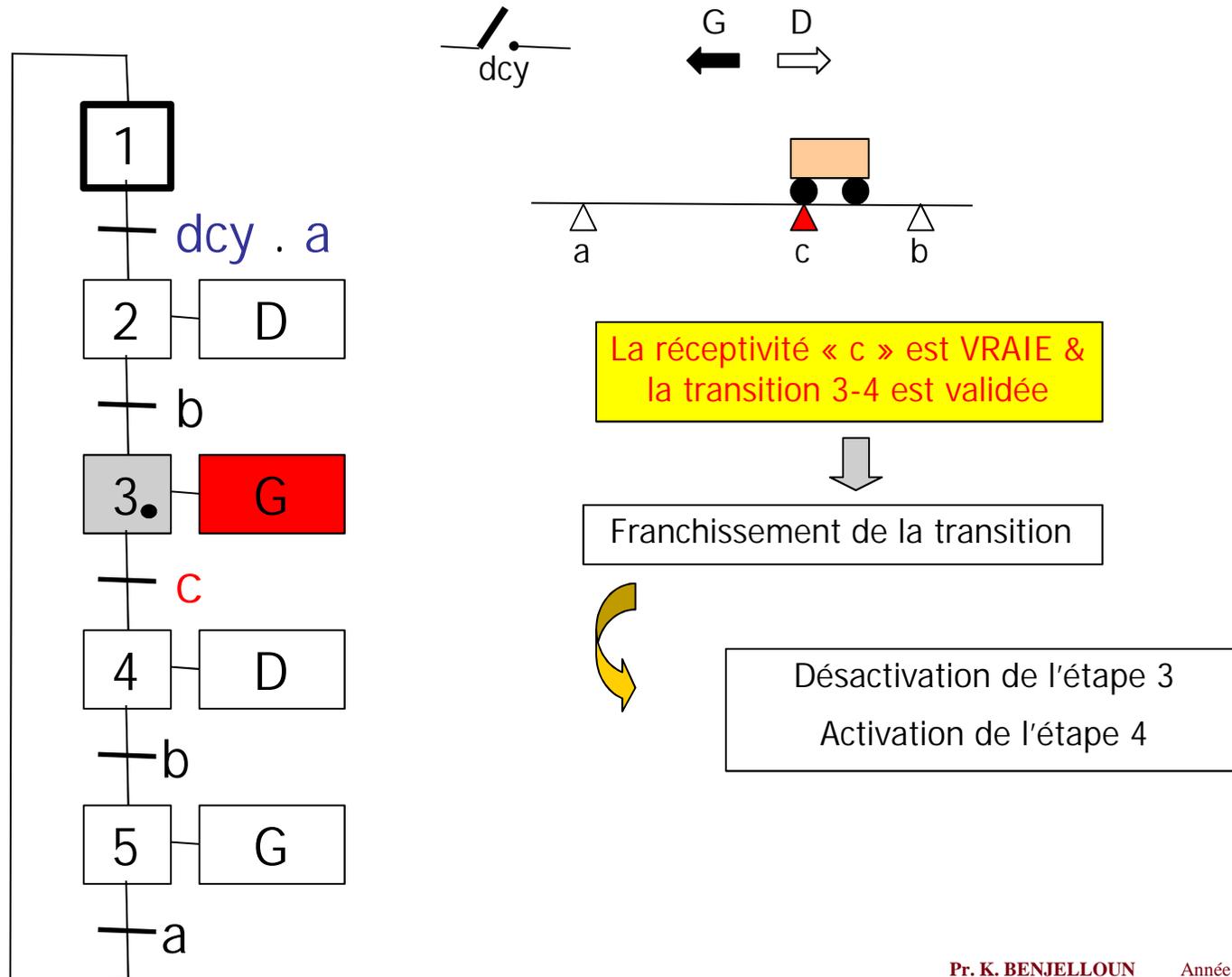


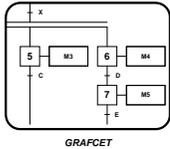
Exemple d'application



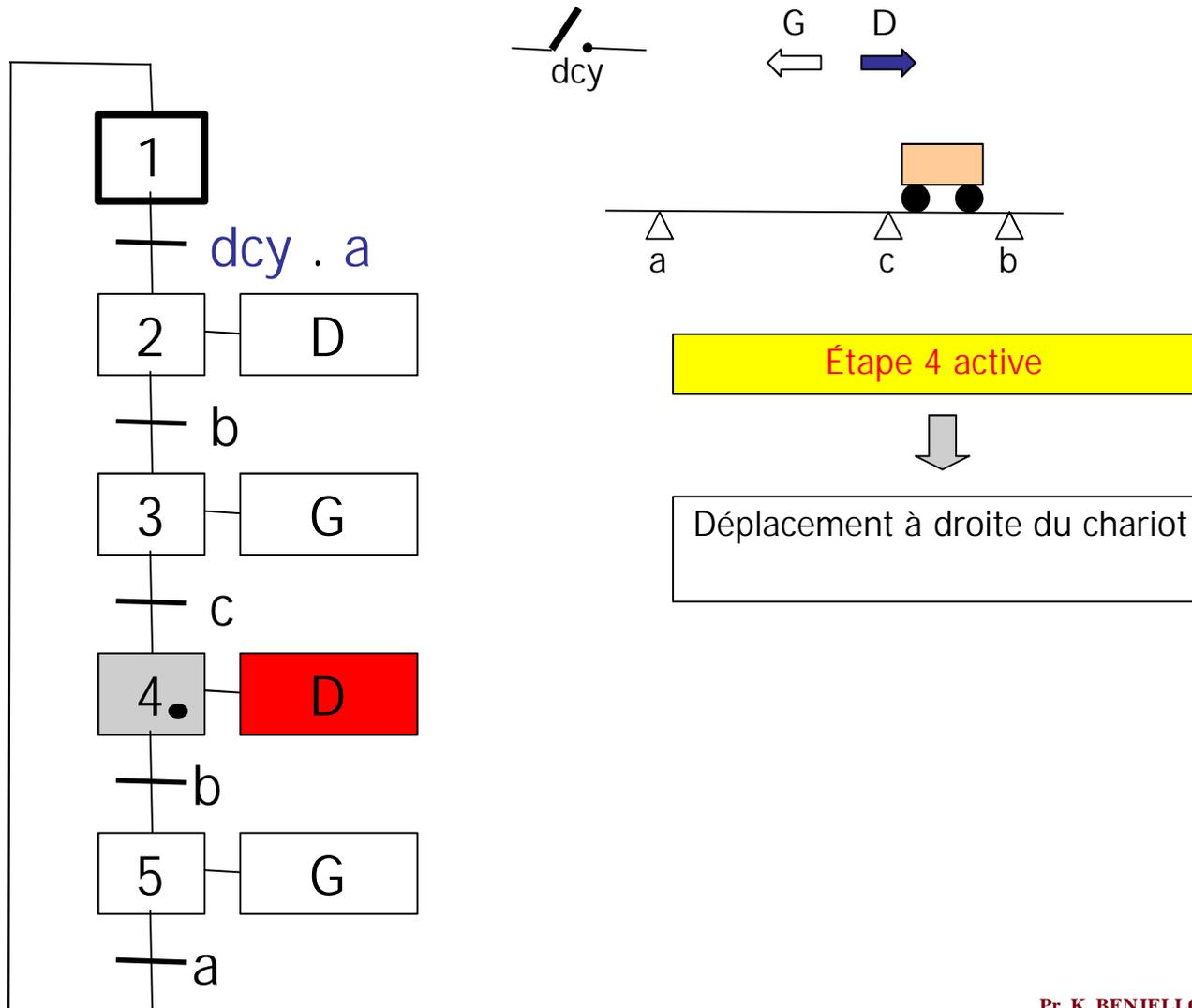


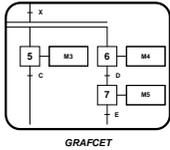
Exemple d'application



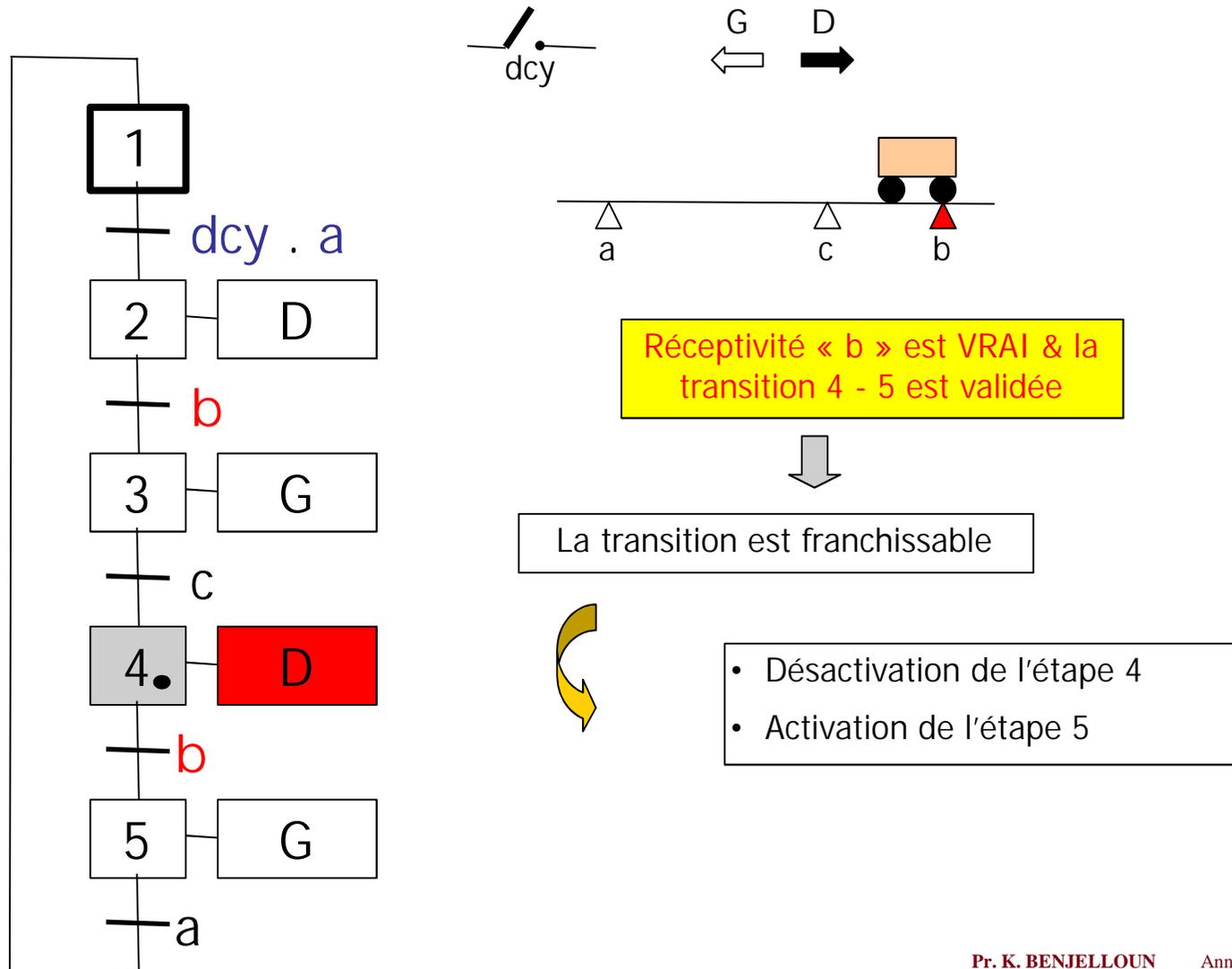


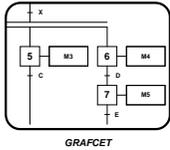
Exemple d'application



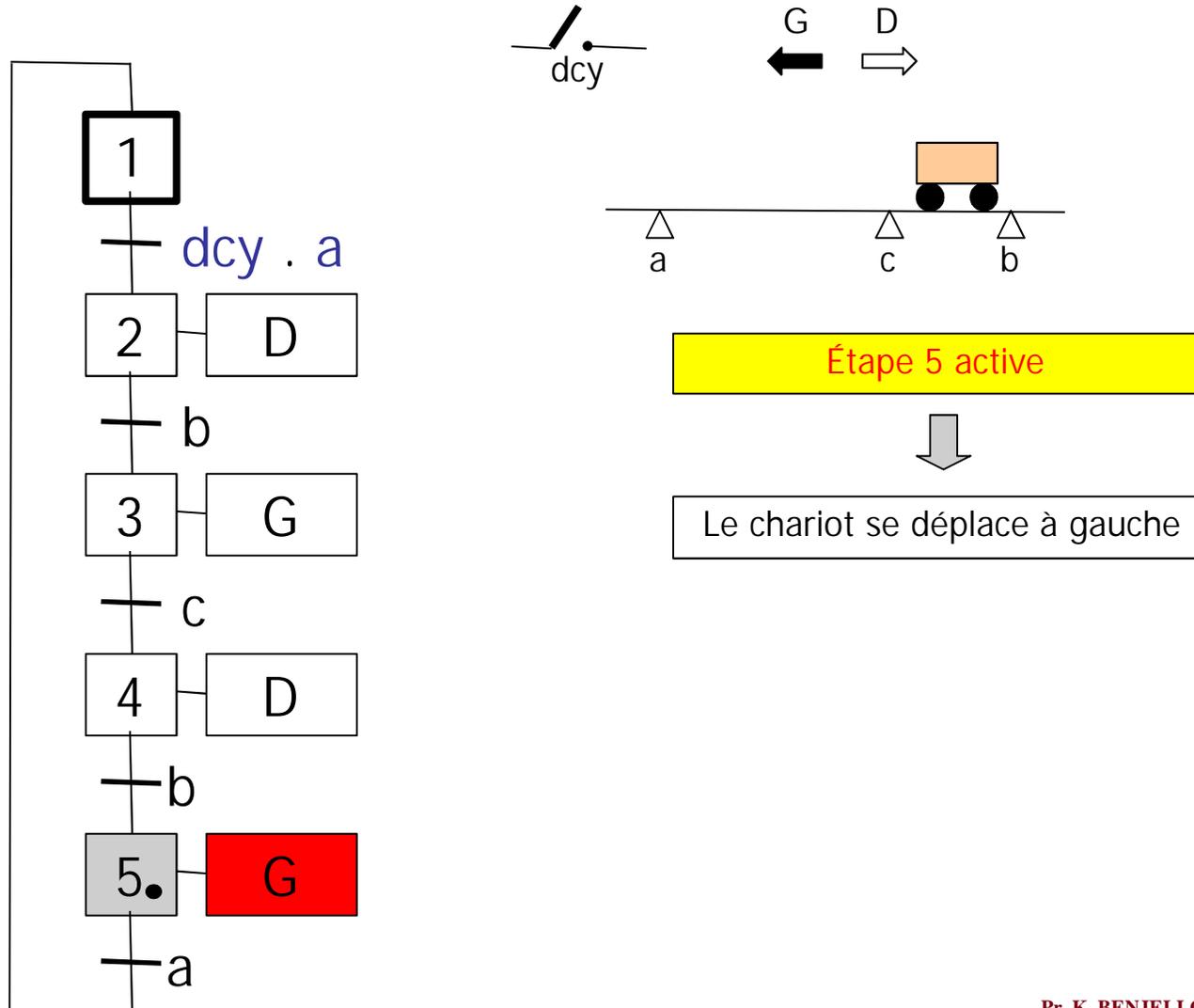


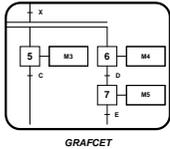
Exemple d'application



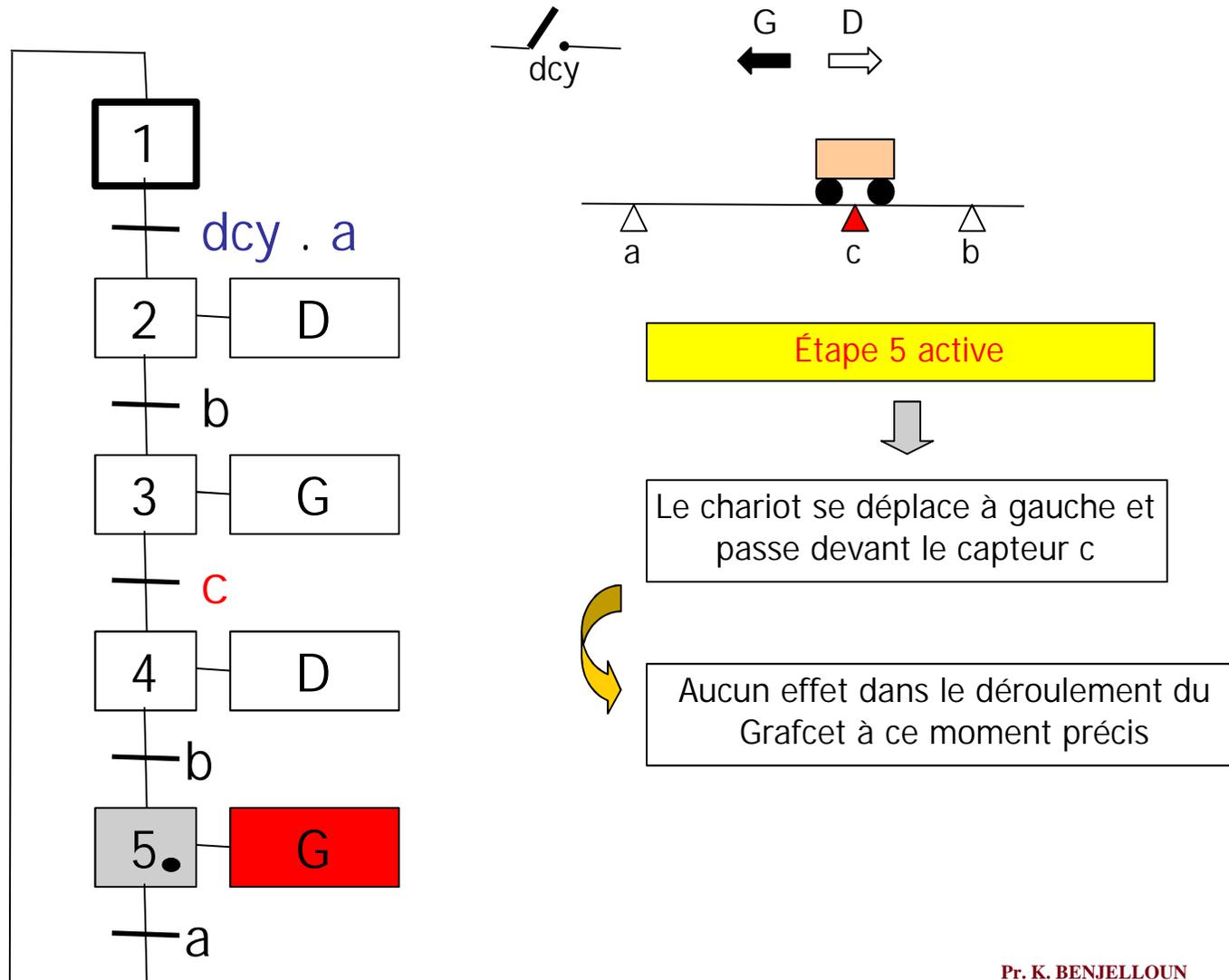


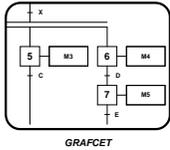
Exemple d'application



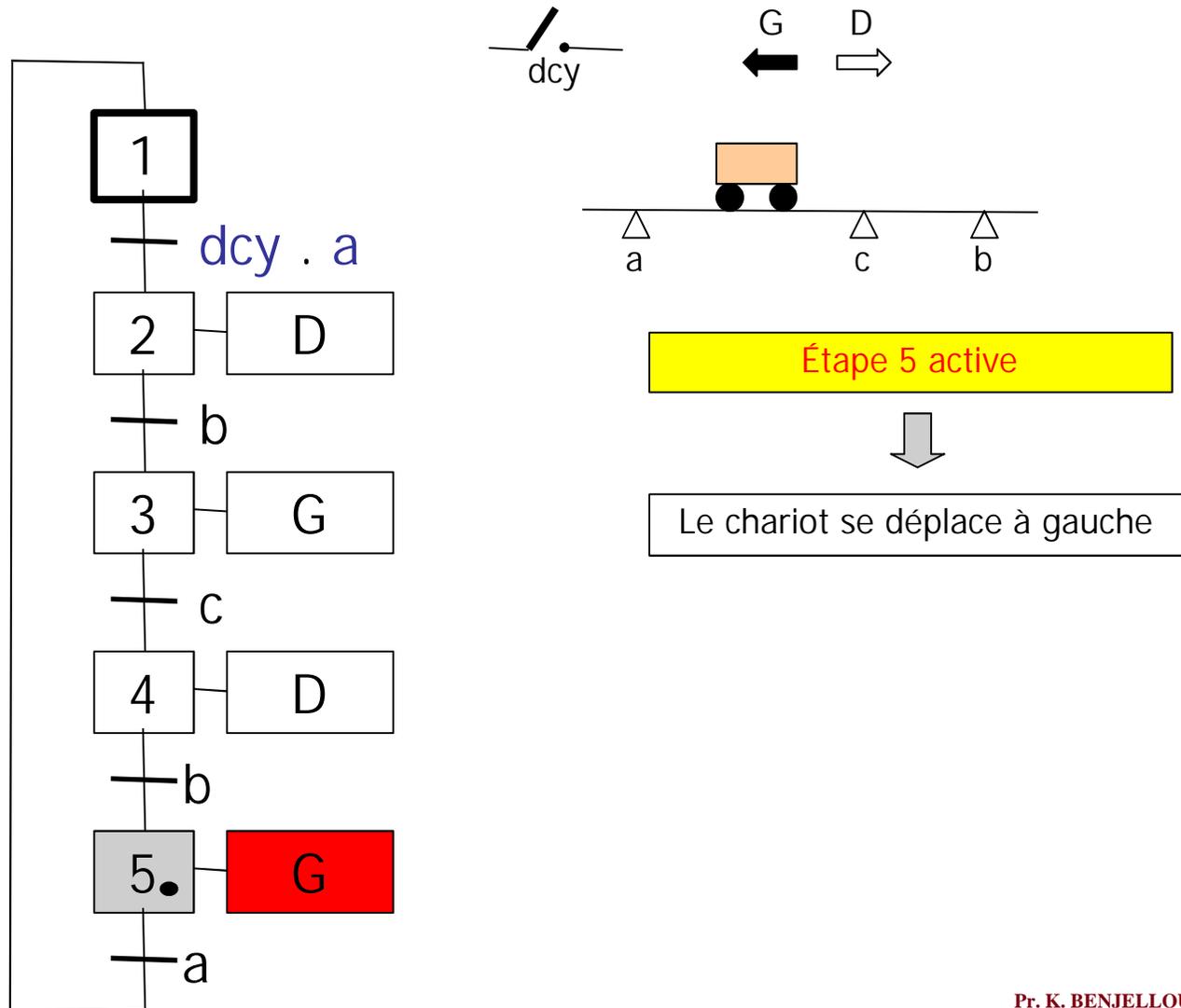


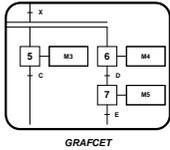
Exemple d'application



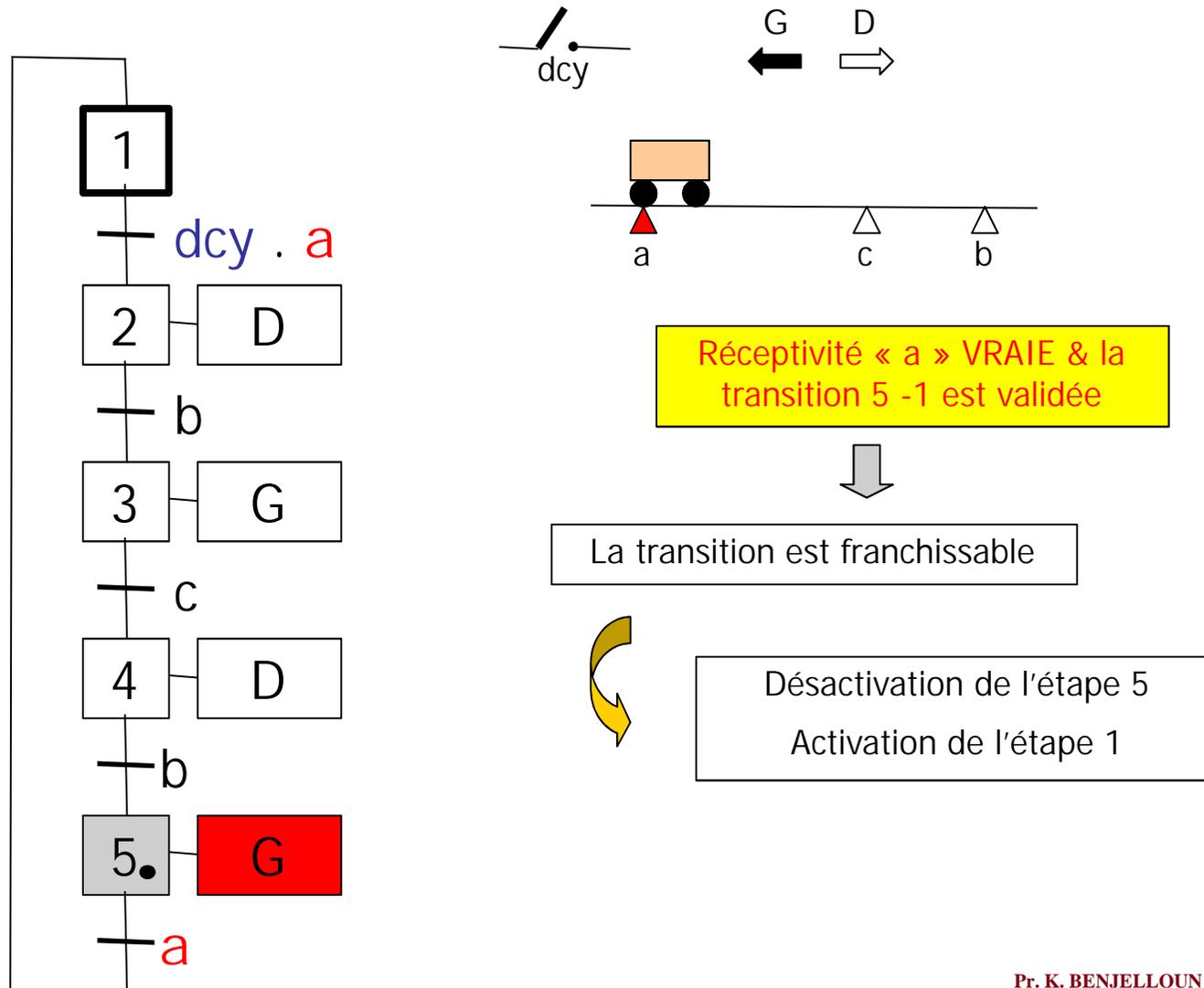


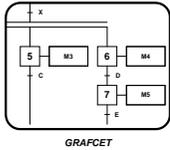
Exemple d'application



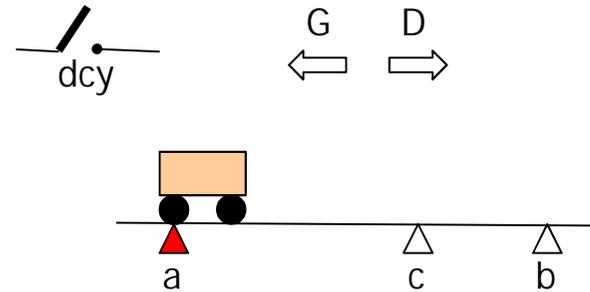
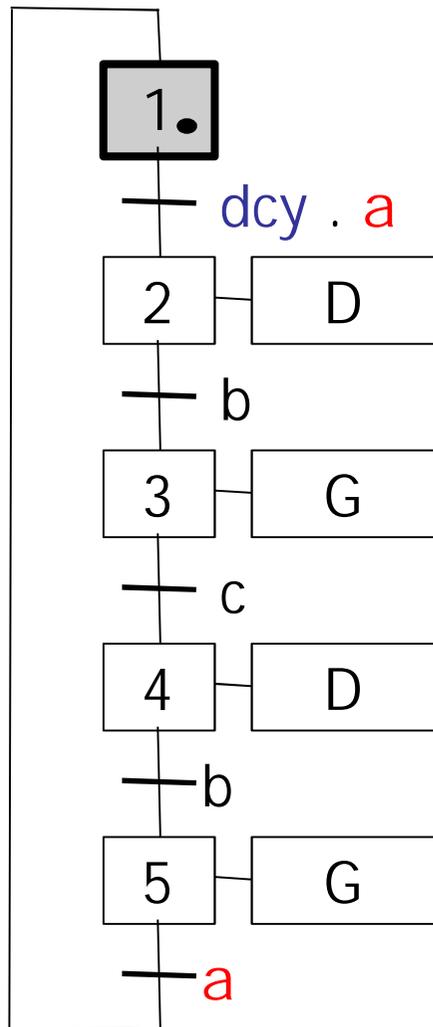


Exemple d'application





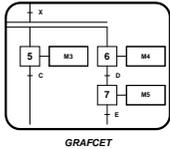
Exemple d'application



Étape 1 active



Pour lancer un nouveau cycle, il faut que l'opérateur appui sur « dcy »



Représentation graphique des éléments

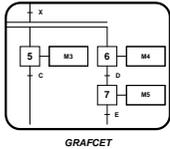
- Les éléments du GRAFCET possèdent une représentation symbolique qui permet (en les associant correctement) de réaliser des diagrammes fonctionnels clairs et synthétiques :

STRUCTURE

- ◆ Étapes
- ◆ Transitions
- ◆ Liaisons orientées

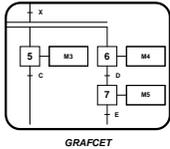
INTERPRETATION

- ◆ Réceptivités associées aux transitions
- ◆ Actions



Structures de séquences (1)

- Il existe différentes structures de base caractéristiques :
 - ◆ Séquence unique
 - ◆ Séquences exclusives (aiguillages)
 - ◆ Saut d'étapes
 - ◆ Reprise de séquence
 - ◆ Synchronisation et activation de séquences parallèles
 - ◆ Structures particulières

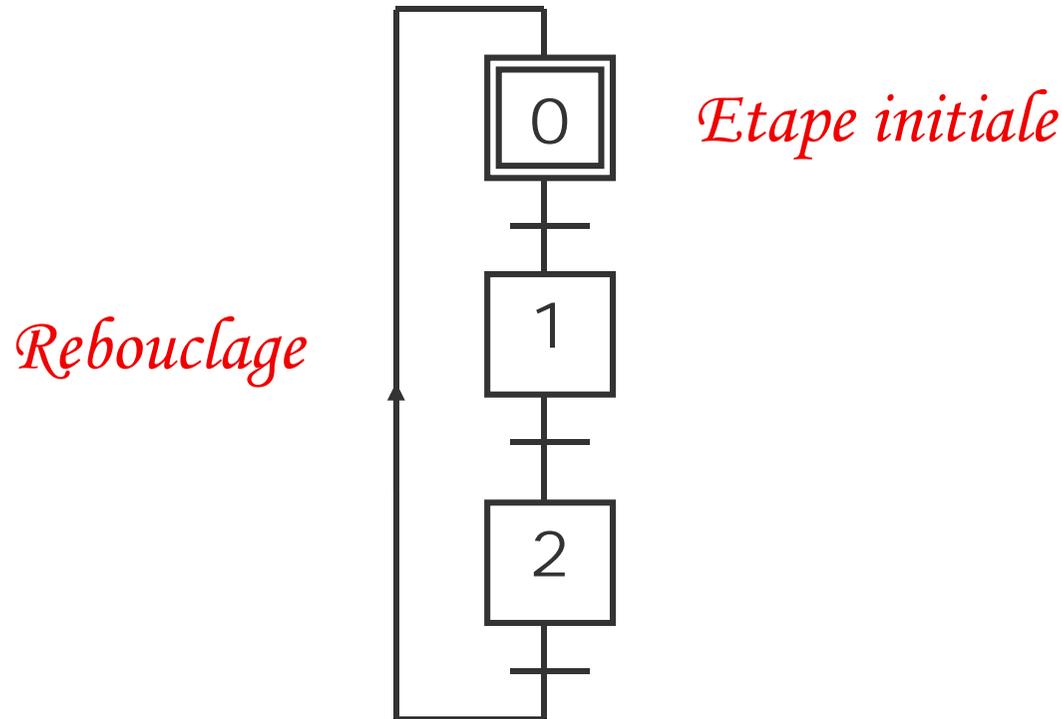


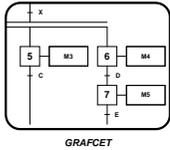
Structures de séquences (2)

Séquence unique

Cycle :

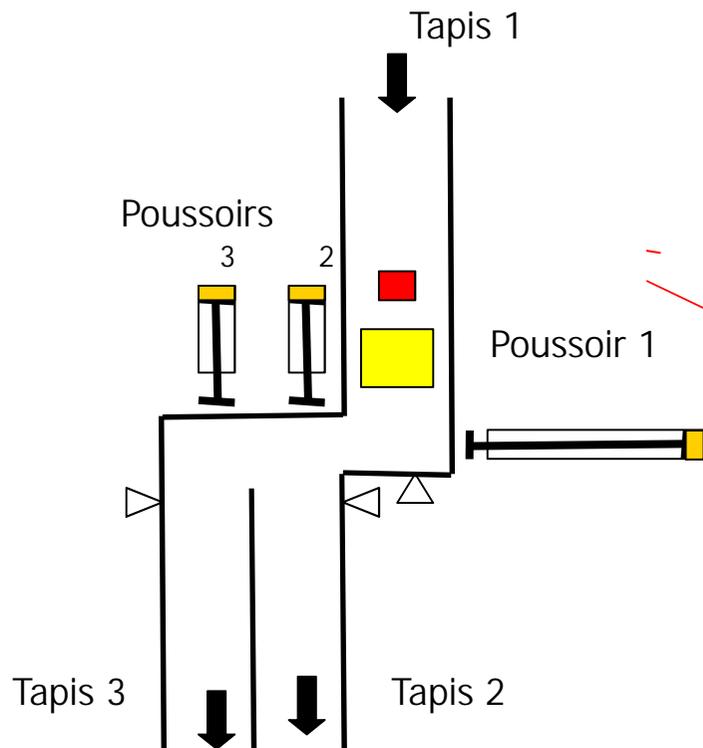
- chaque étape ne possède qu'une seule transition aval
- chaque étape ne possède qu'une seule transition amont validée par une seule étape de la séquence





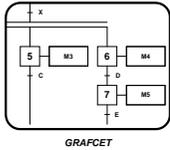
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

Un dispositif automatique destiné à trier des caisses de deux tailles différentes se compose d'un tapis amenant les caisses, de trois poussoirs et de deux tapis d'évacuation suivant la figure ci-dessous :



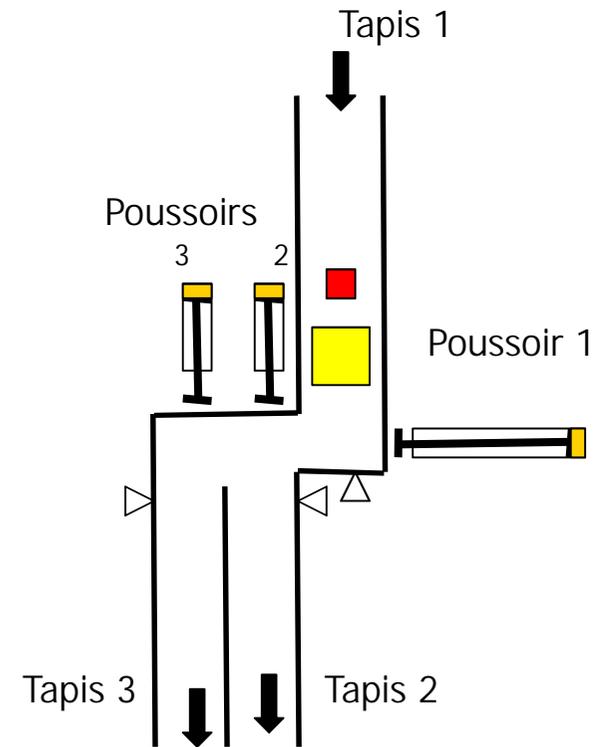
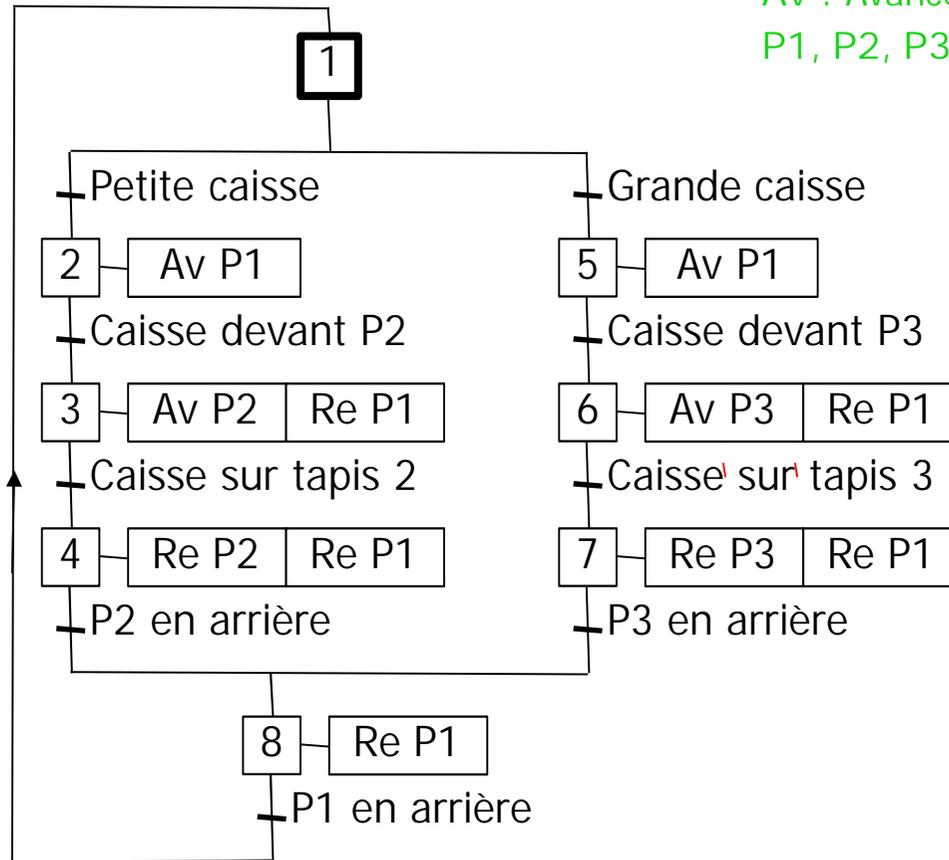
Cycle de fonctionnement :

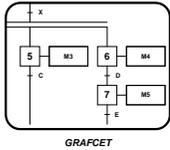
Le poussoir 1 pousse les petites caisses devant le poussoir 2 qui, à son tour, les transfère sur le tapis d'évacuation 2, alors que les grandes caisses sont poussées devant le poussoir 3, ce dernier les évacuant sur le tapis 3. Pour effectuer la sélection des caisses, un dispositif de détection placé devant le poussoir 1 permet de reconnaître sans ambiguïté le type de caisse qui se présente.



Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

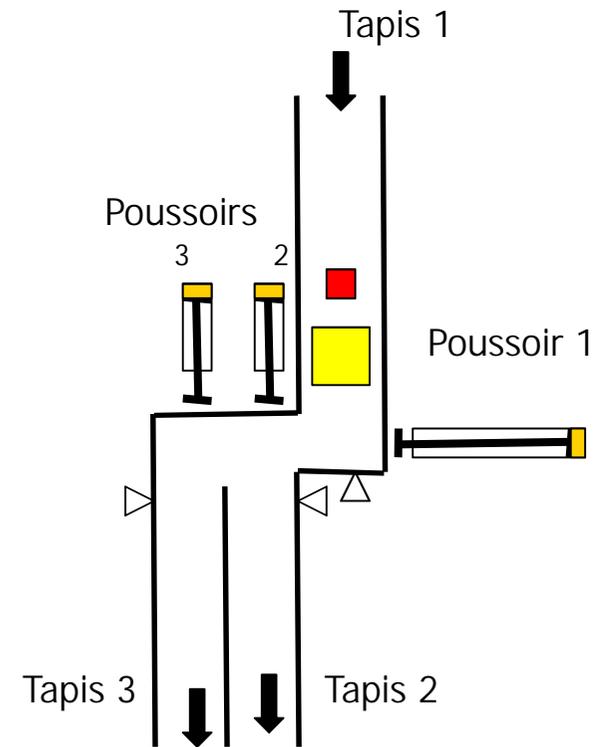
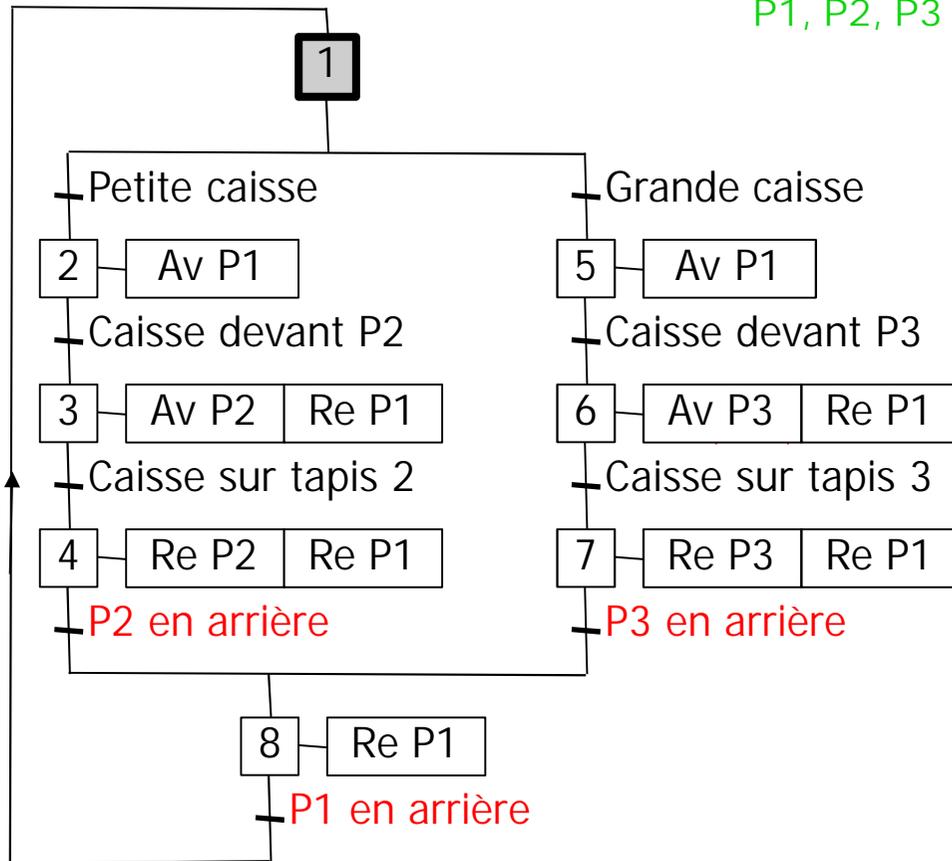
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

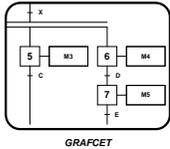




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3



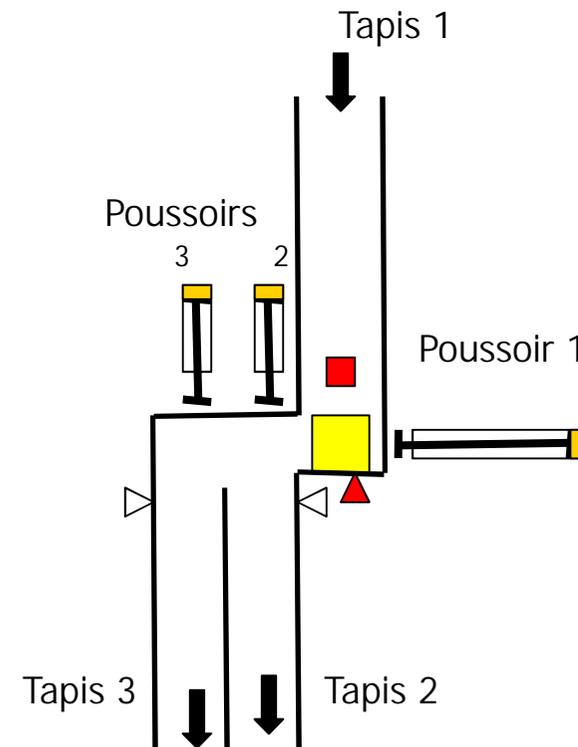
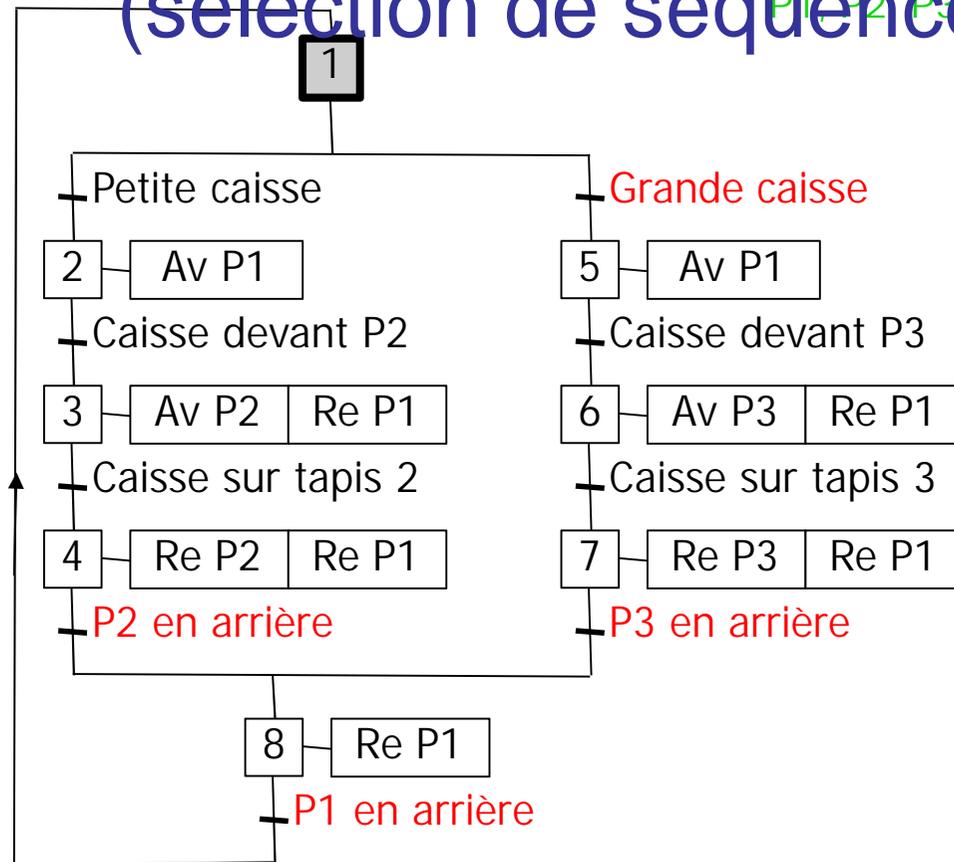


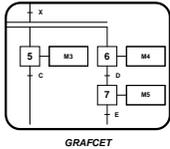
Exemple avec branchement

OU

(sélection de séquences)

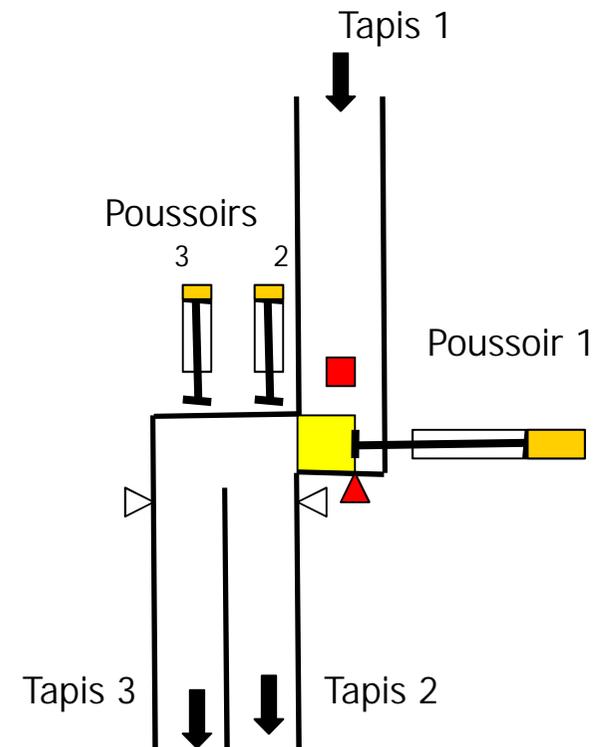
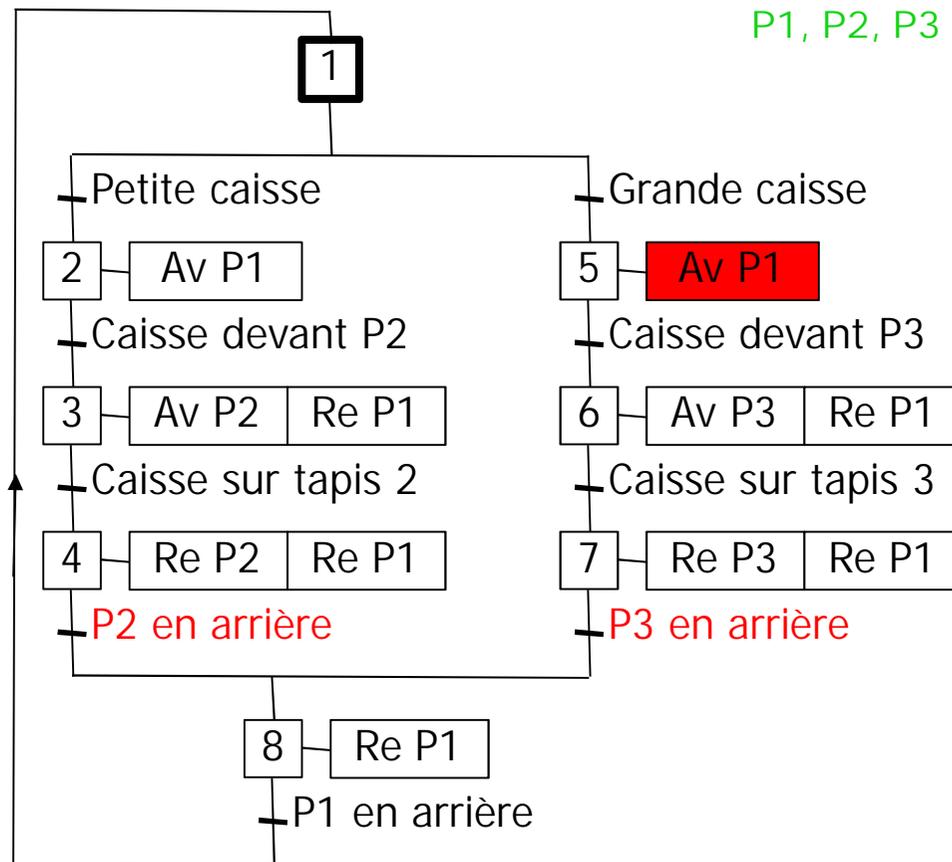
Av : Avance Re : Recule
 P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

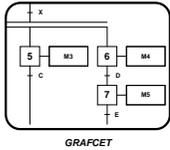




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

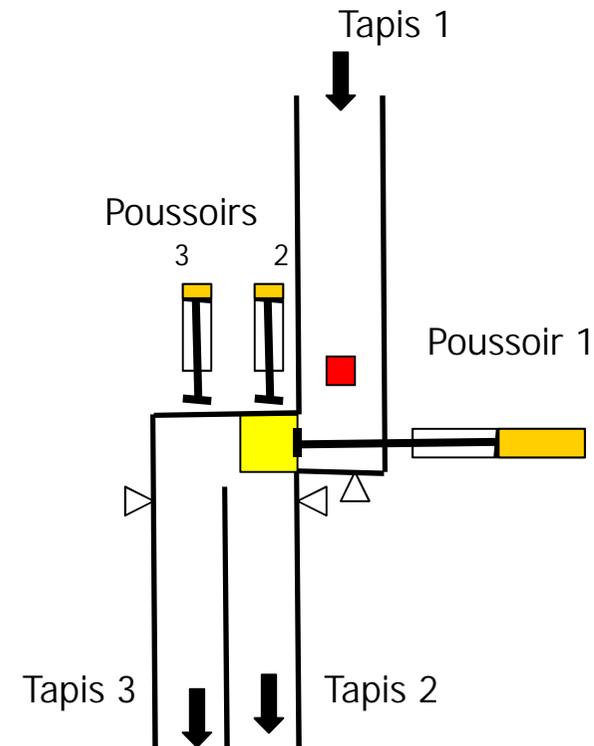
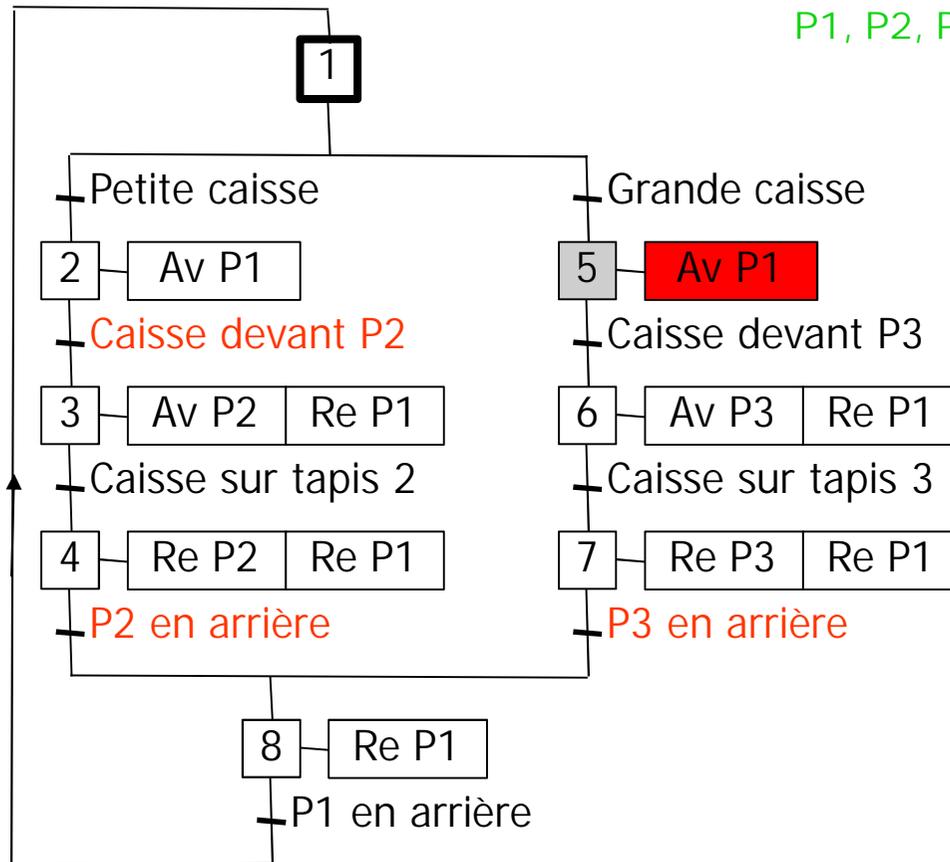
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

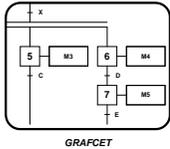




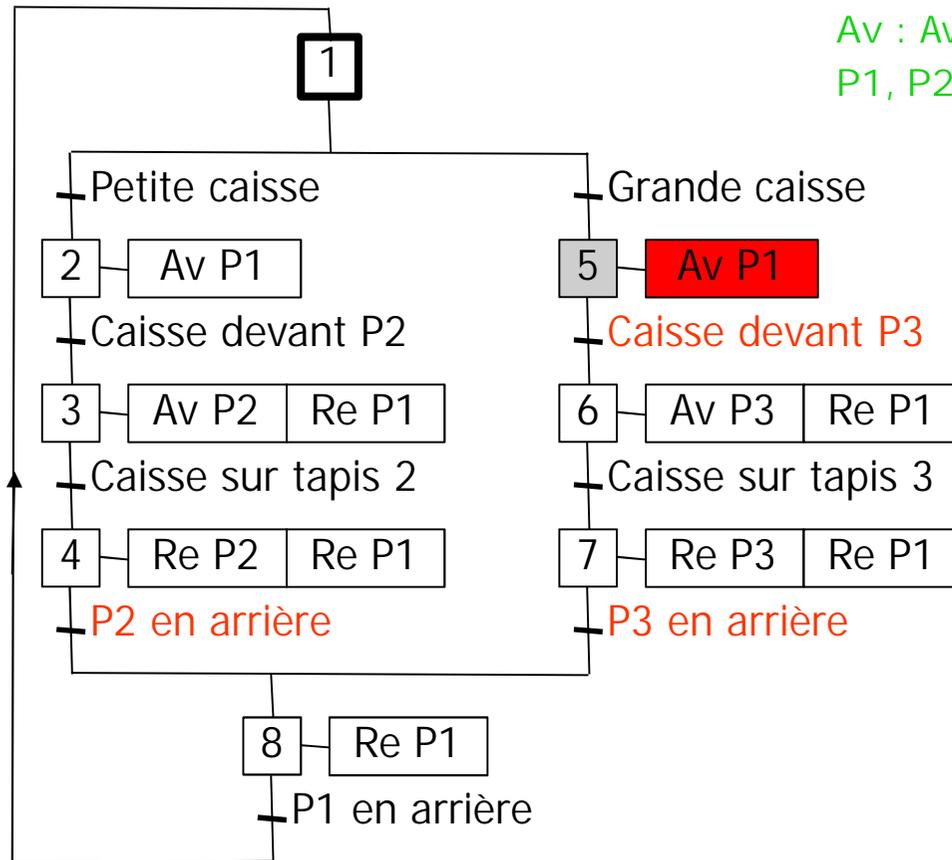
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

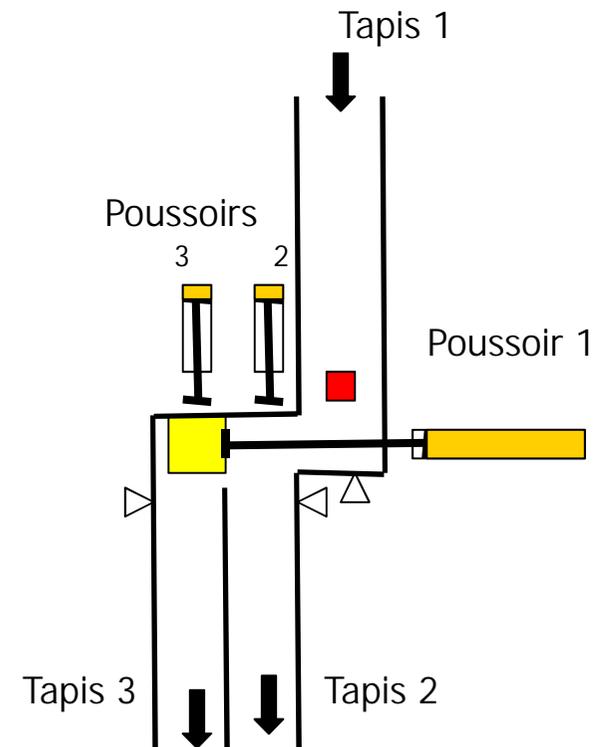


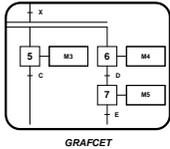


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

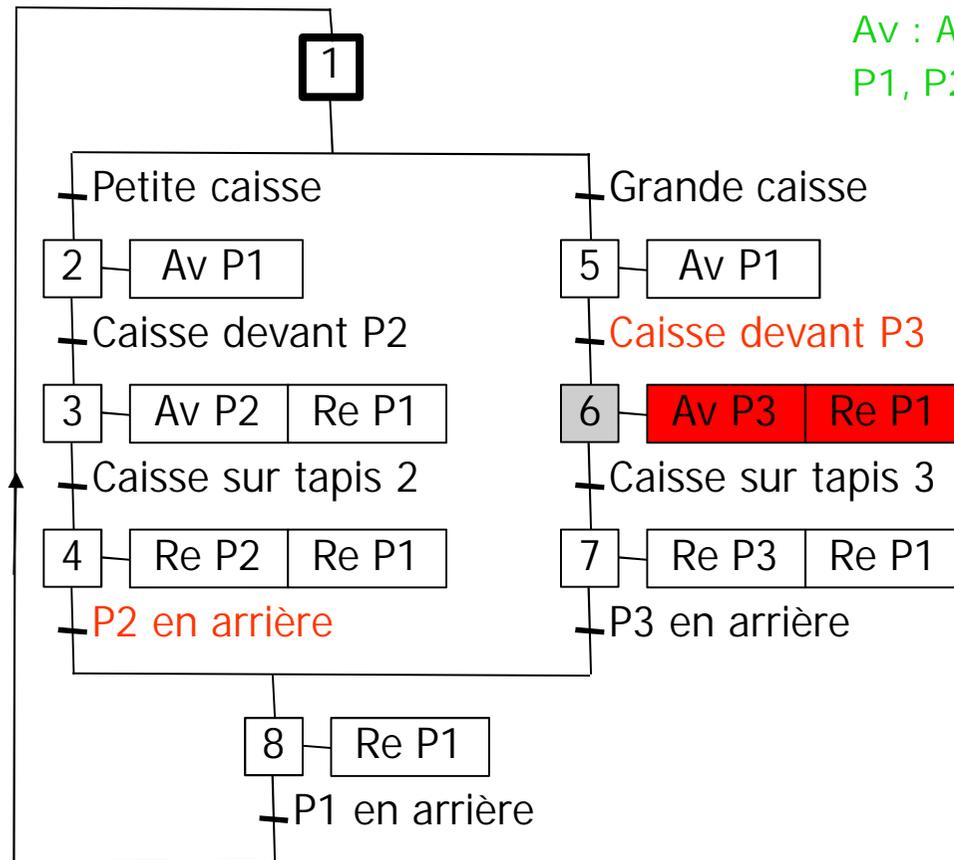


Av : Avance Re : Recule
 P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

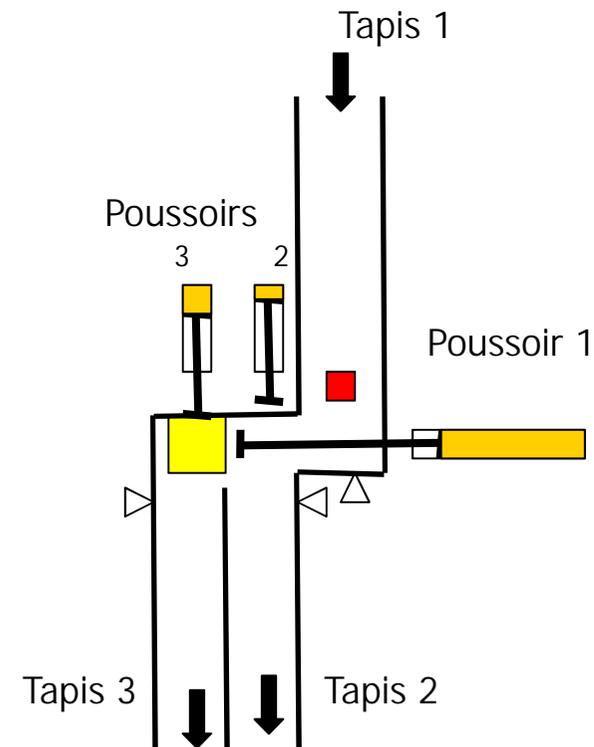


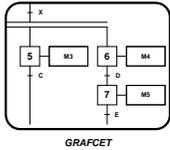


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)



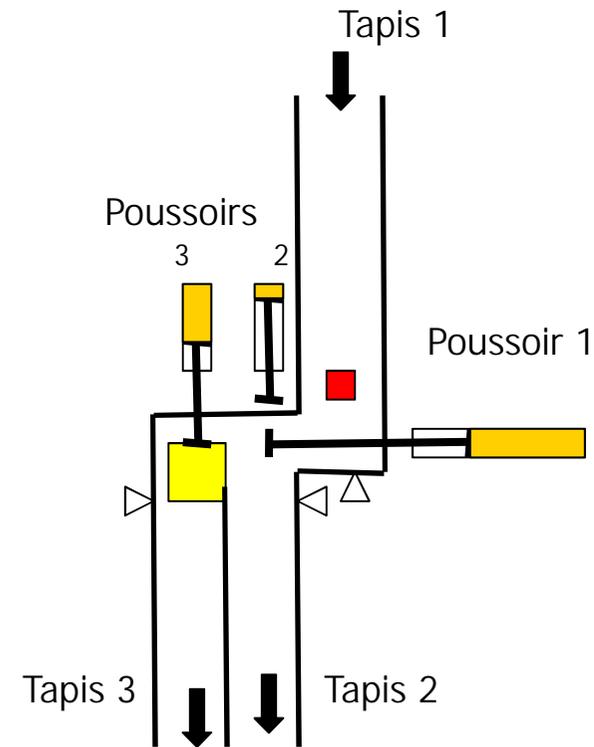
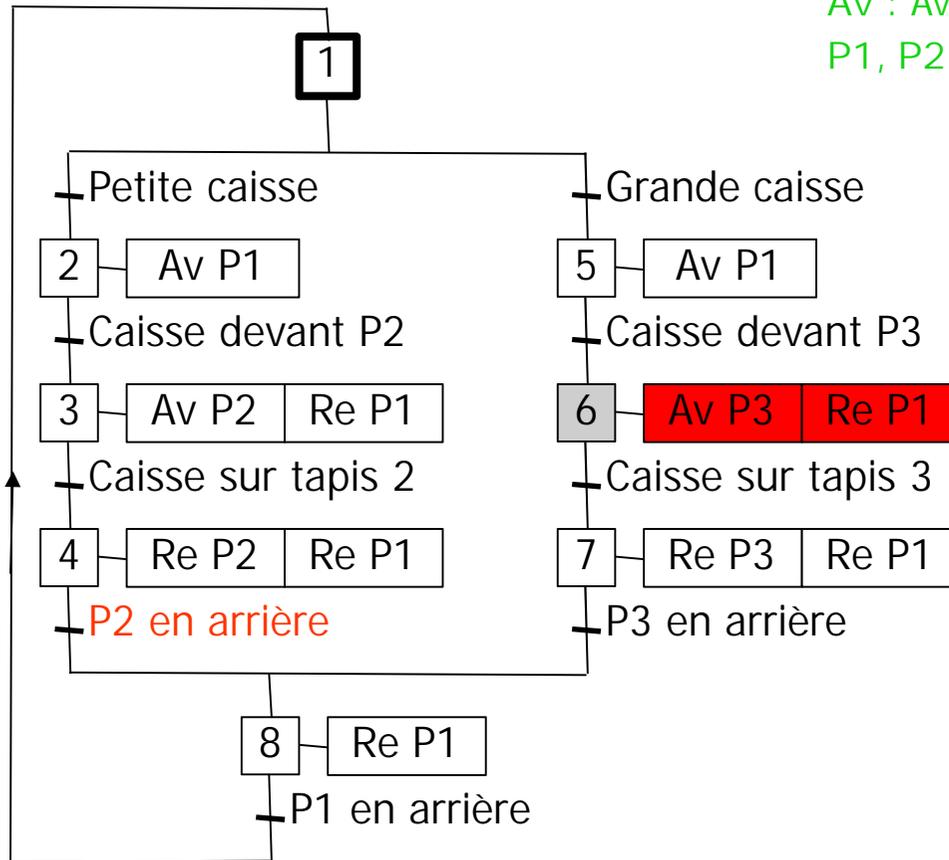
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

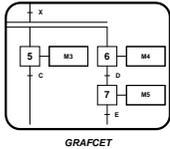




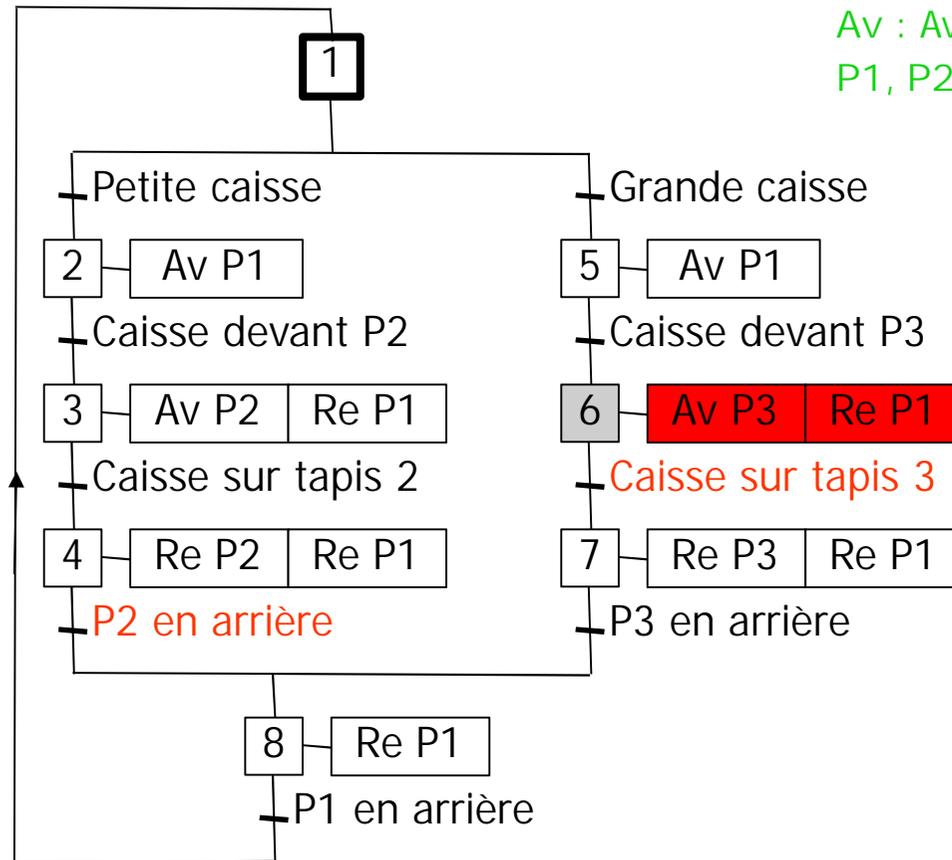
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

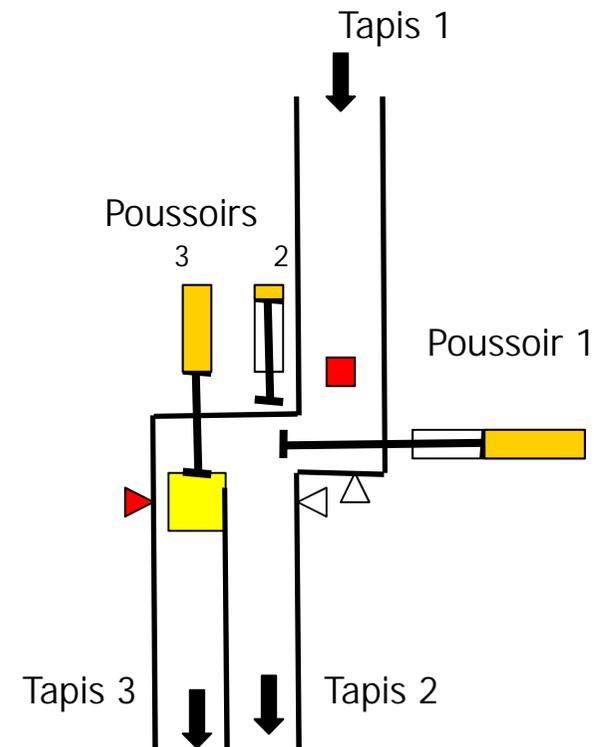


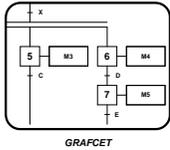


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

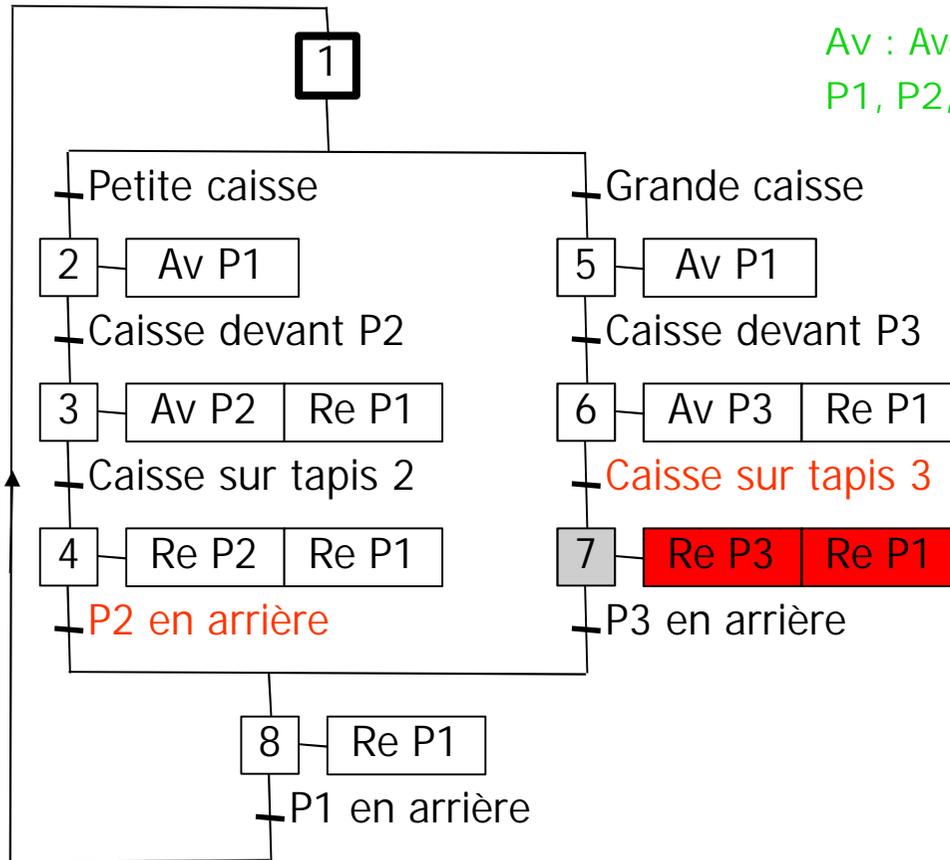


Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

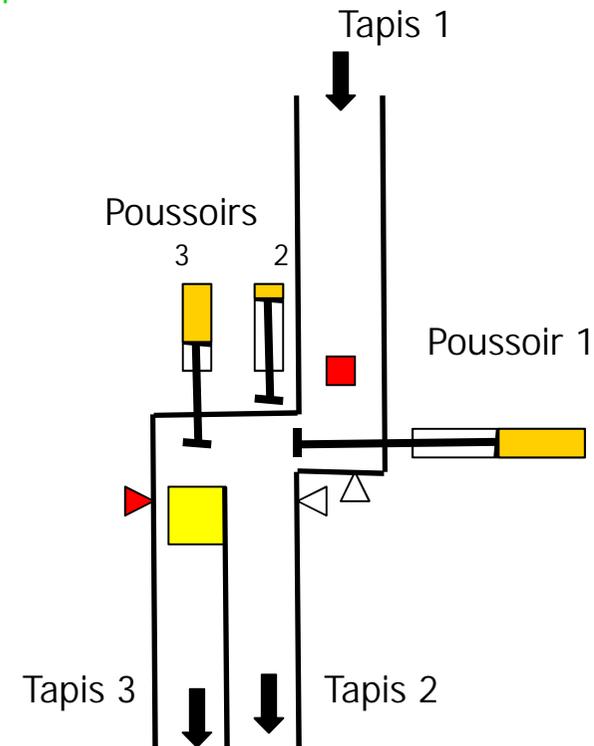


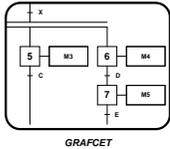


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)



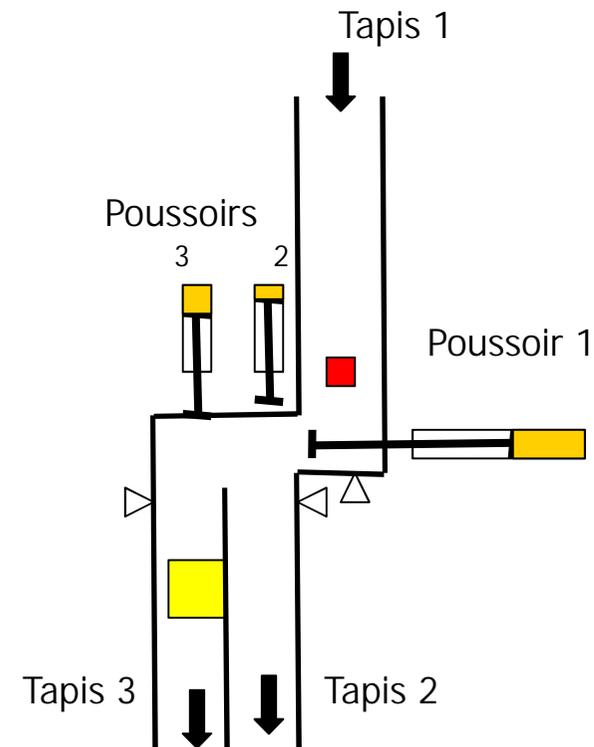
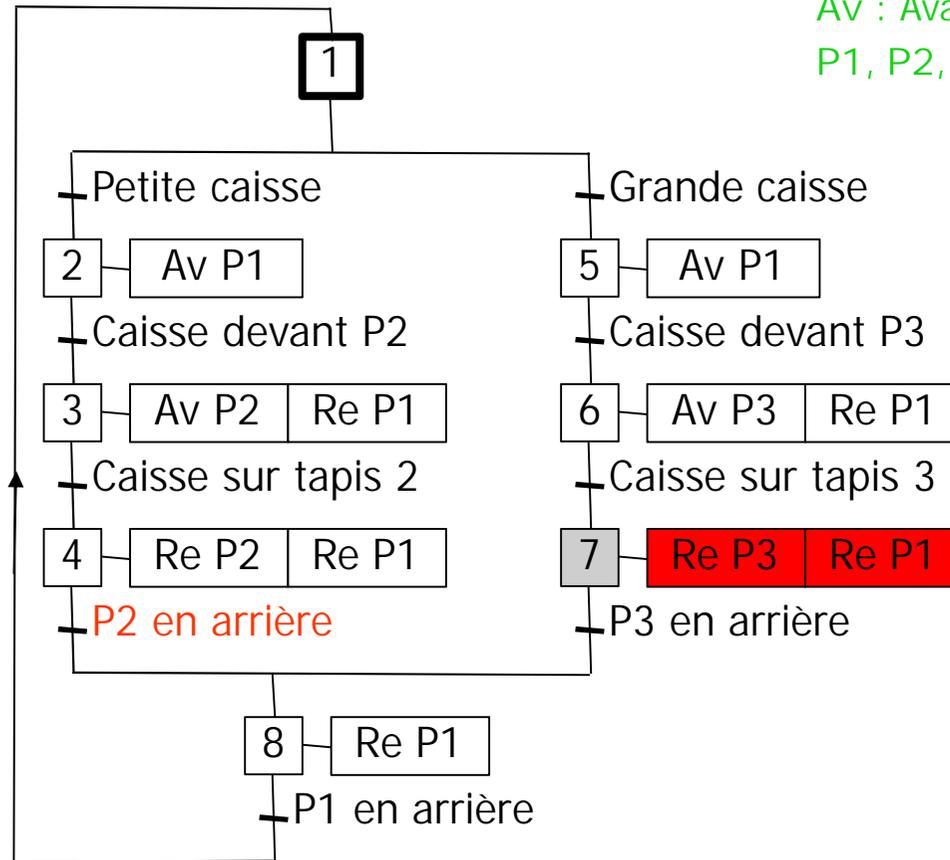
Av : Avance Re : Recule
 P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

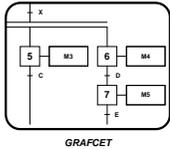




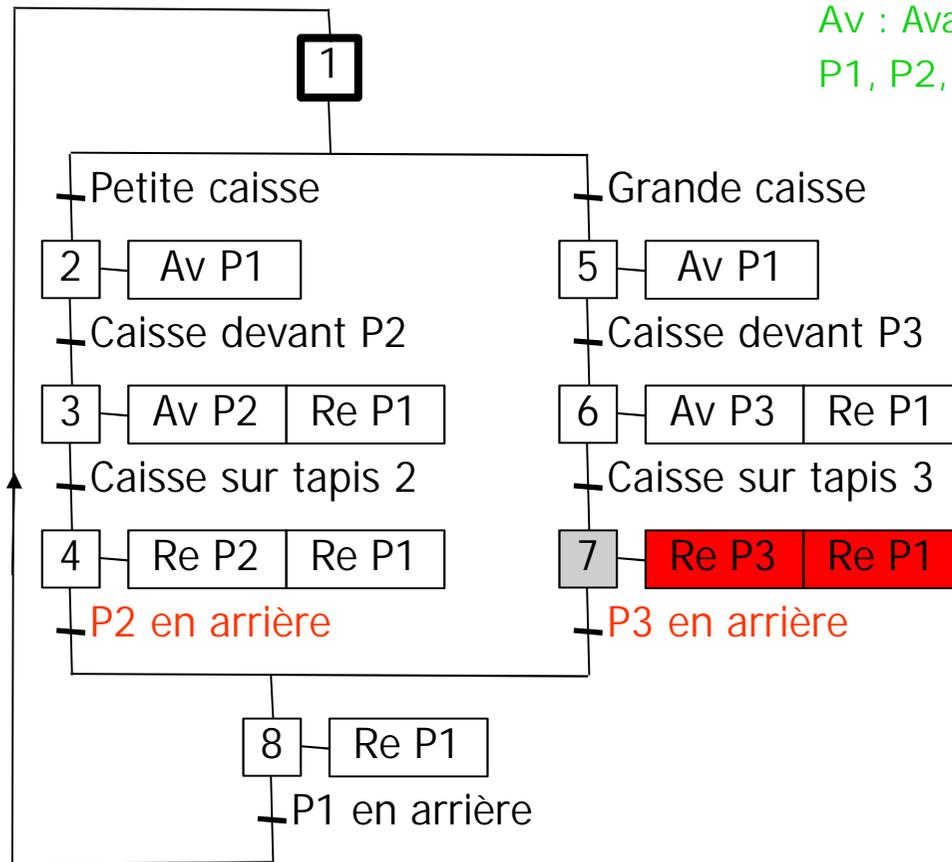
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

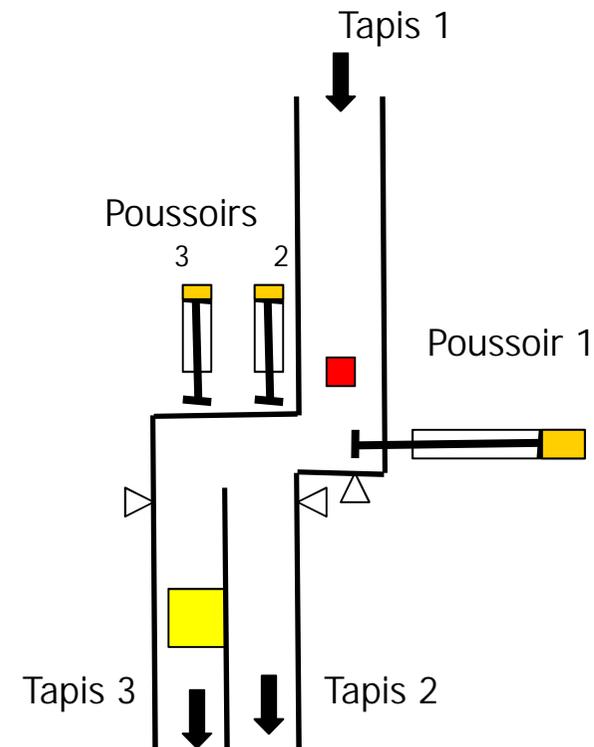


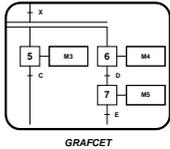


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

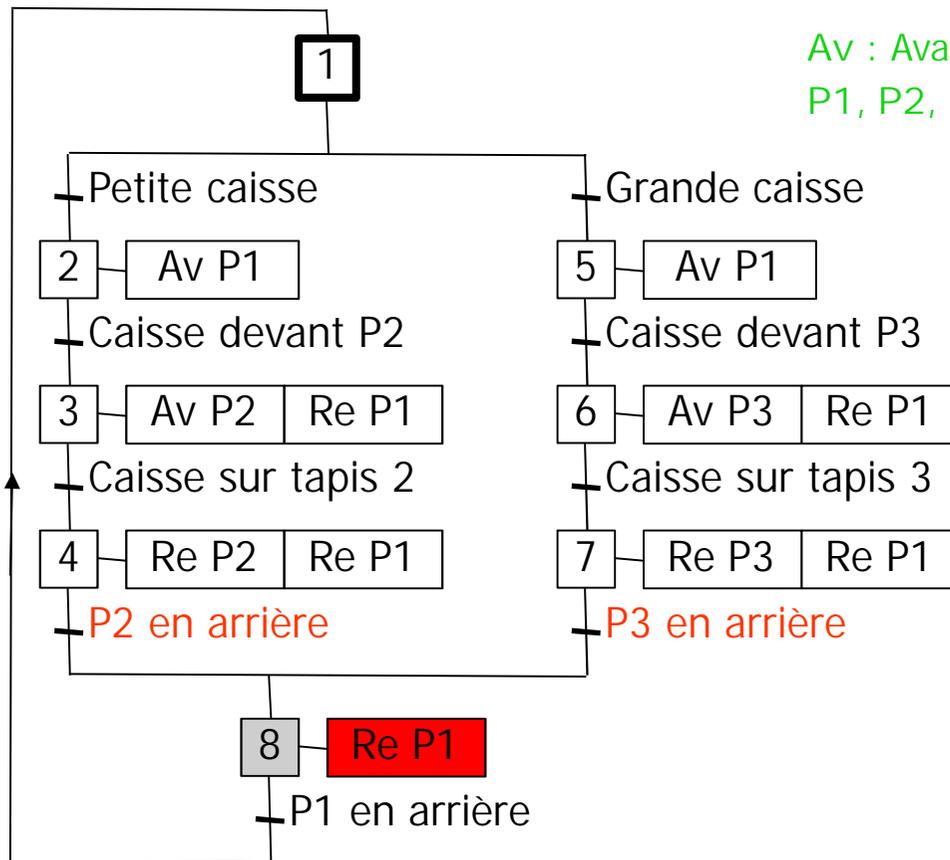


Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

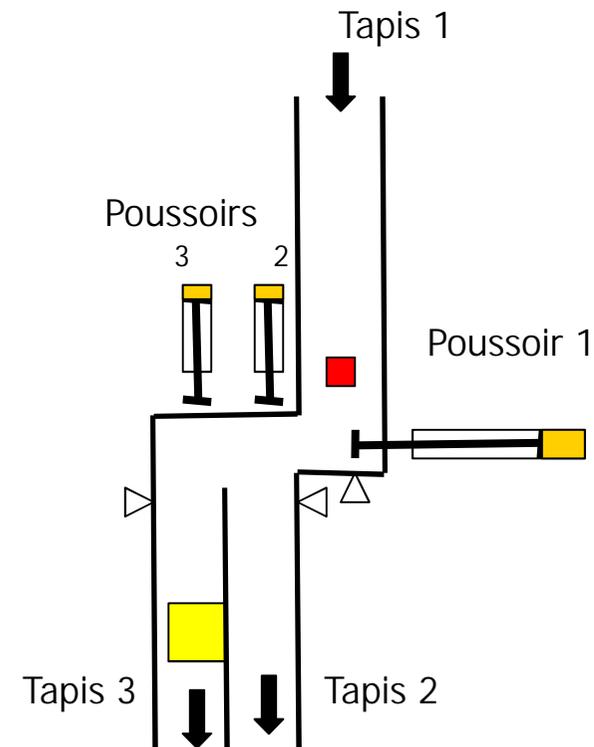


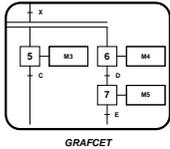


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

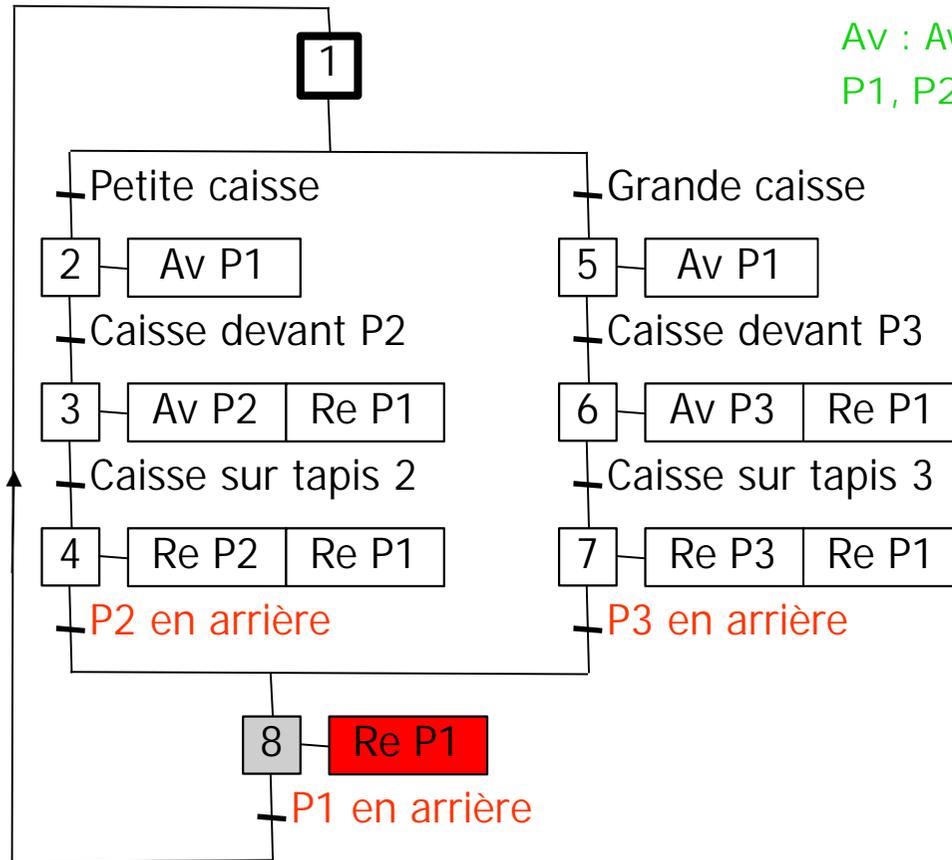


Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

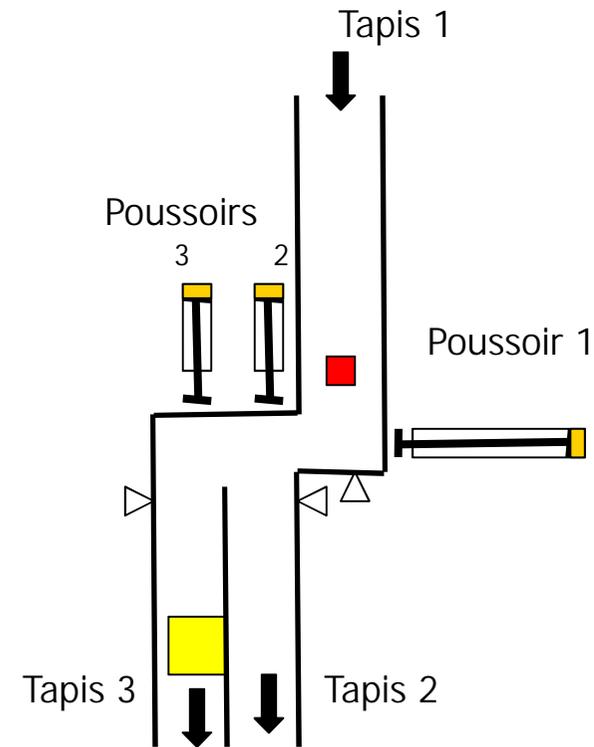


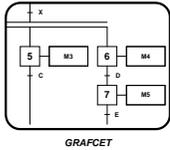


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

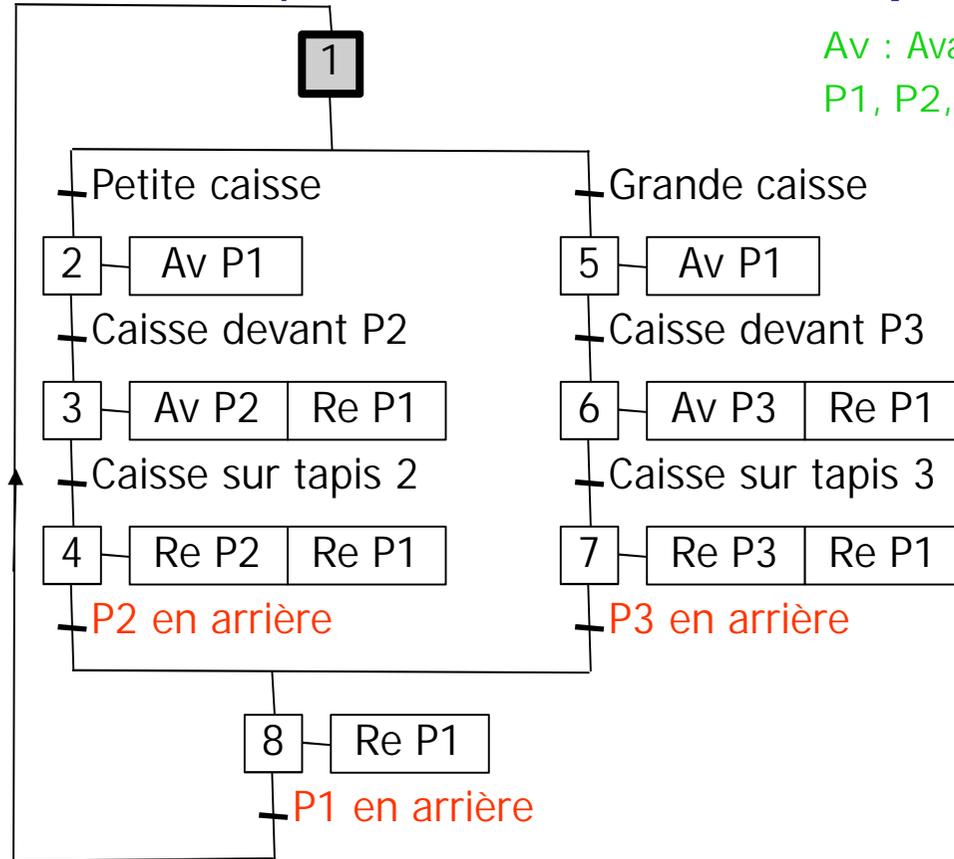


Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

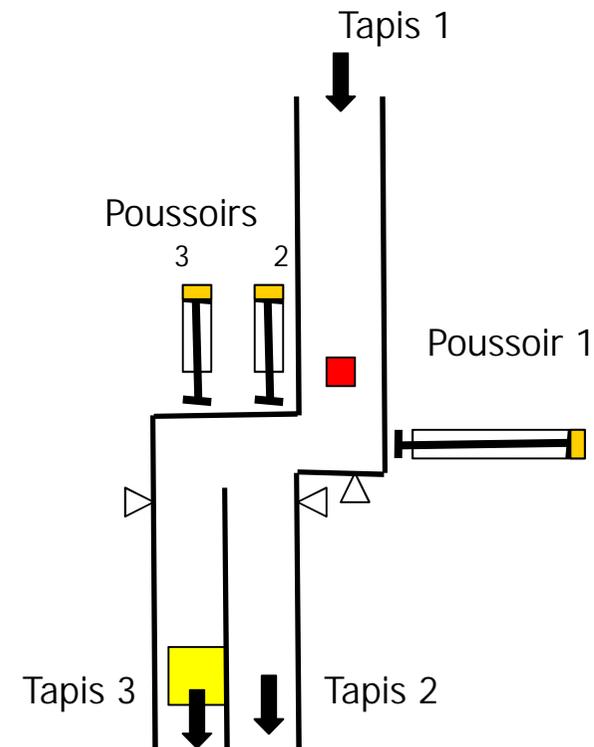


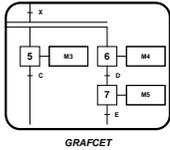


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)



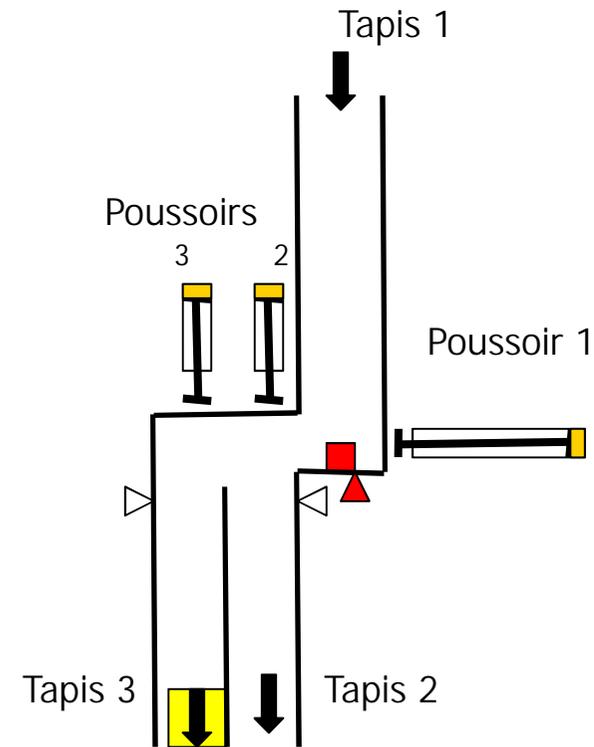
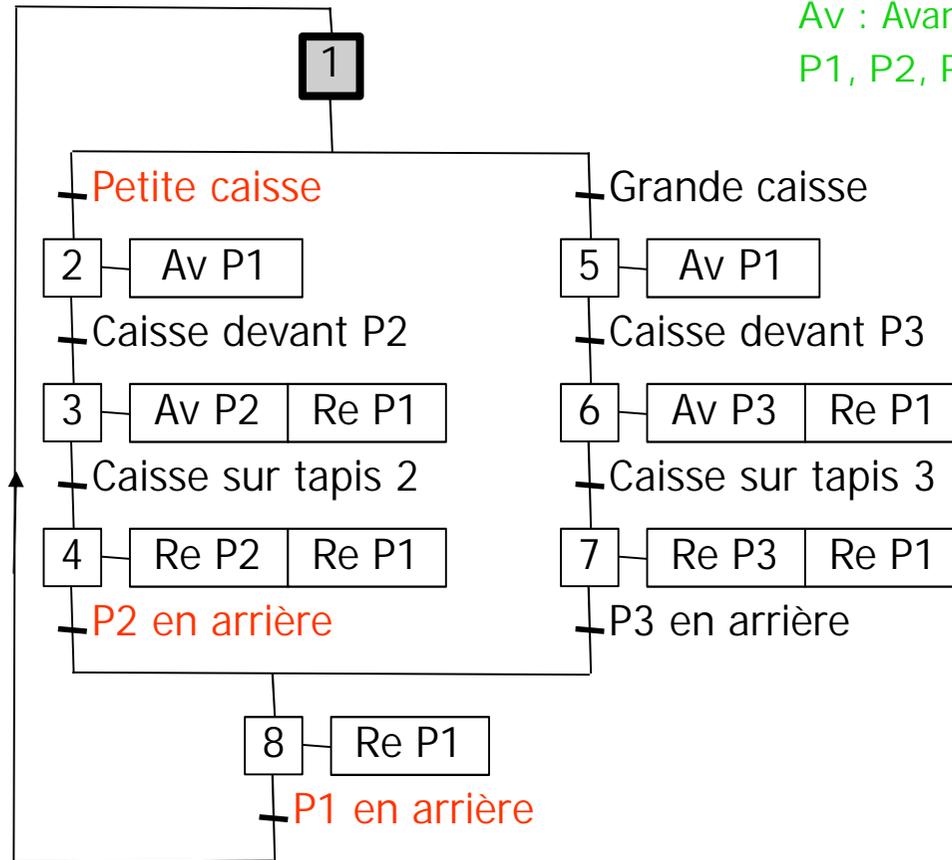
Av : Avance Re : Recule
 P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

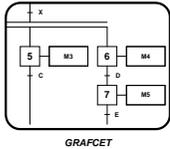




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

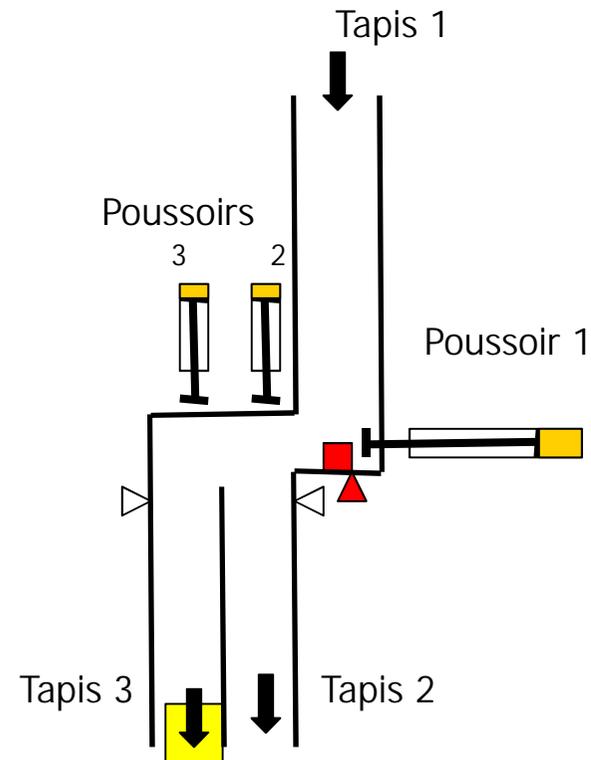
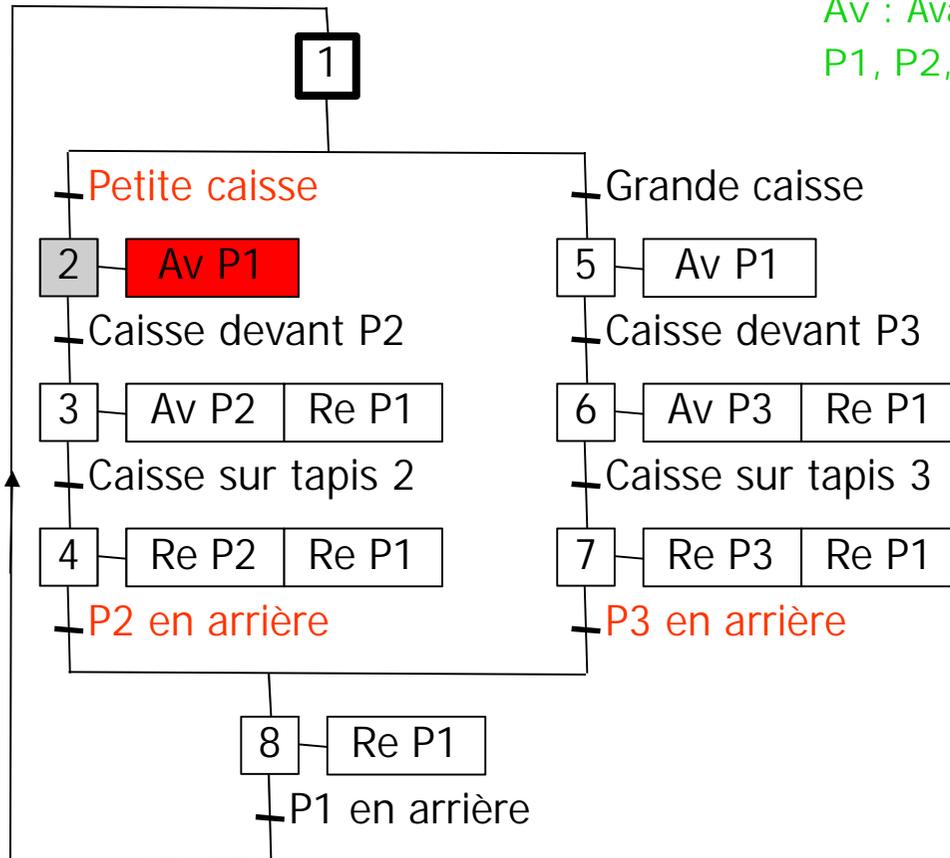
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

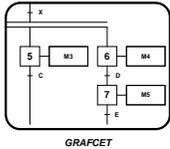




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

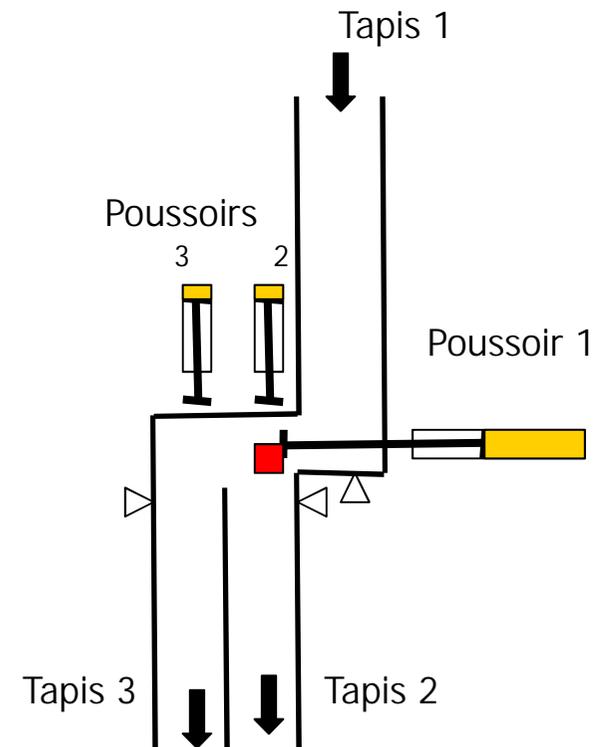
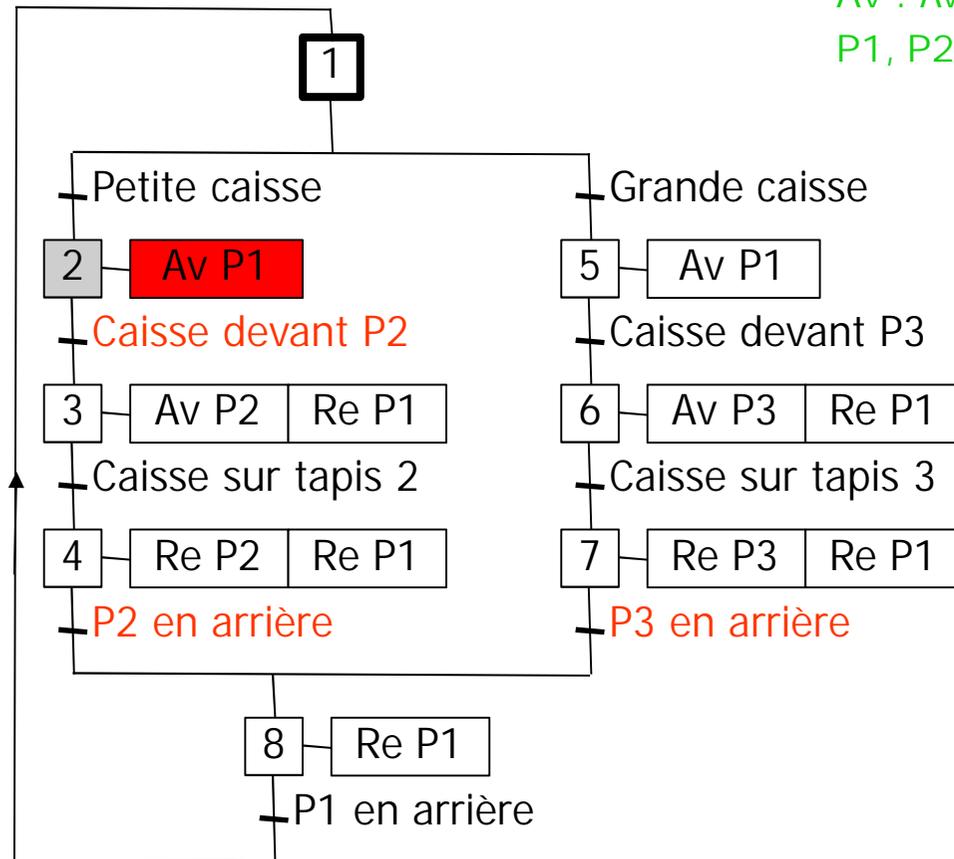
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

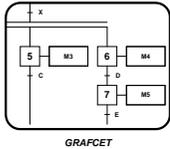




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

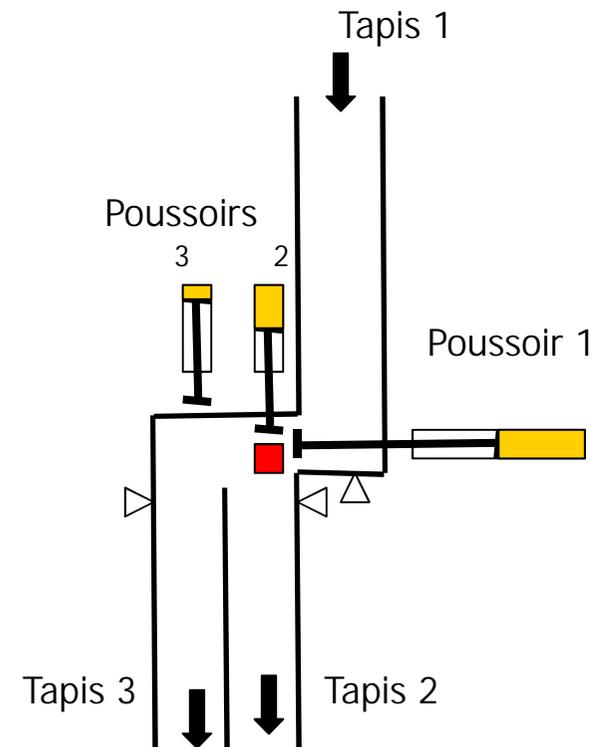
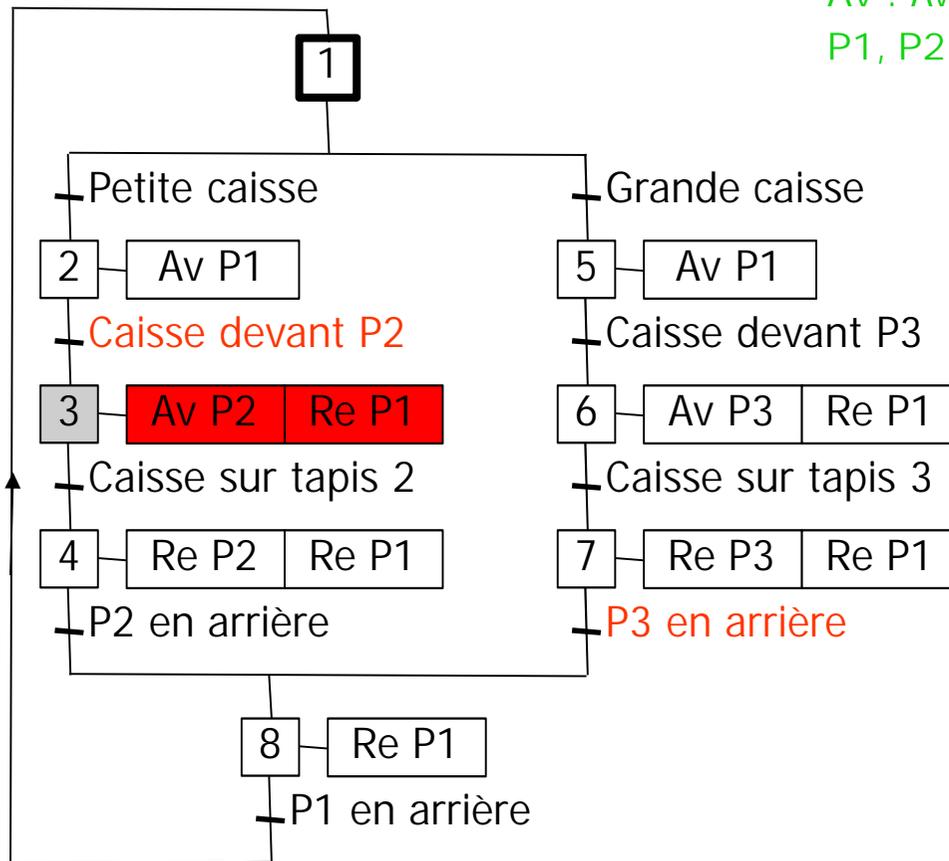
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

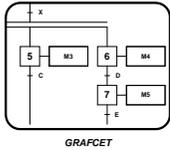




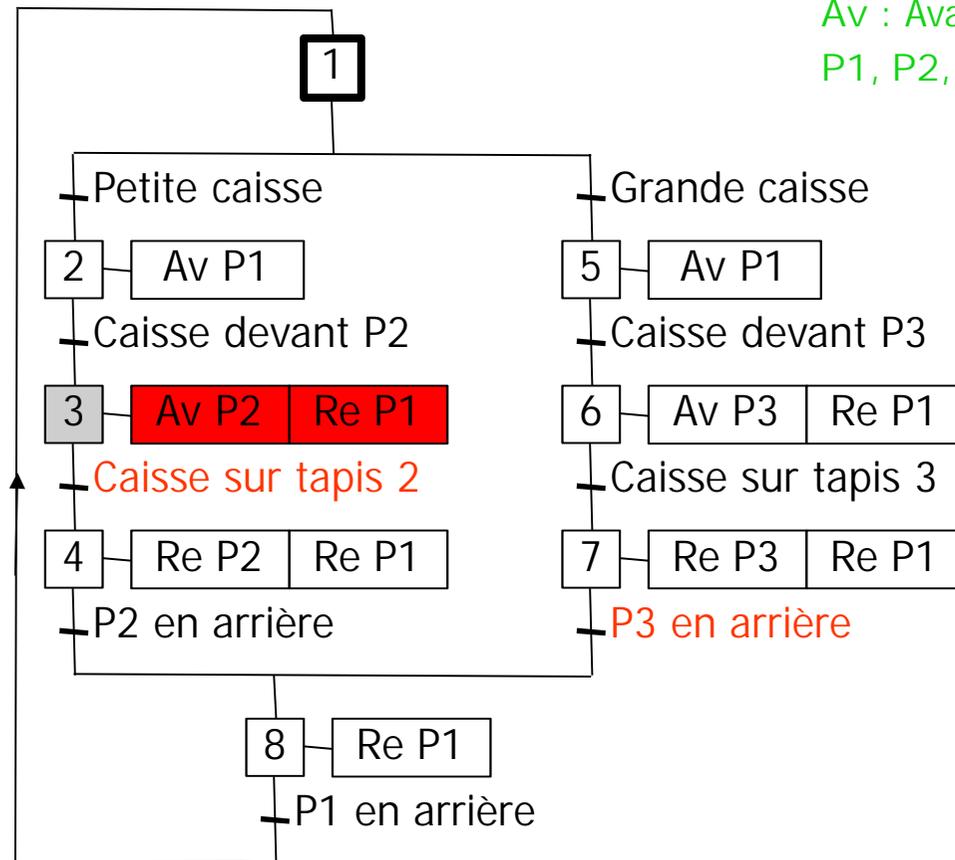
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

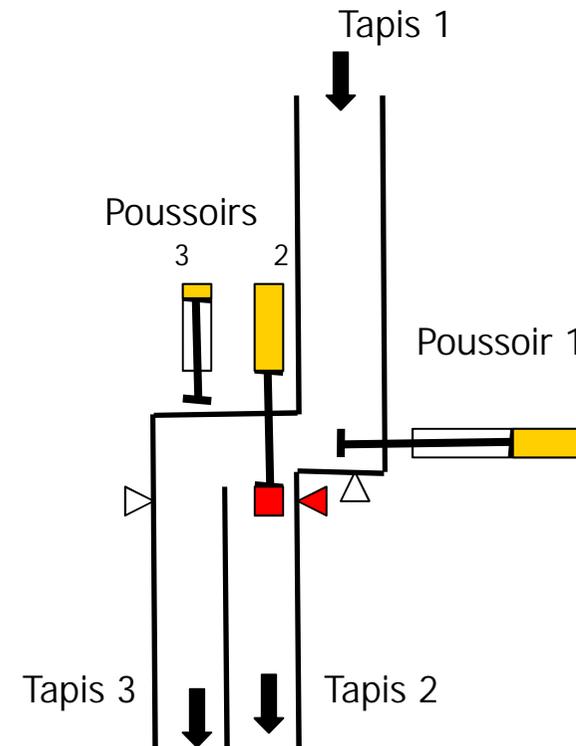


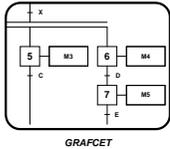


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)



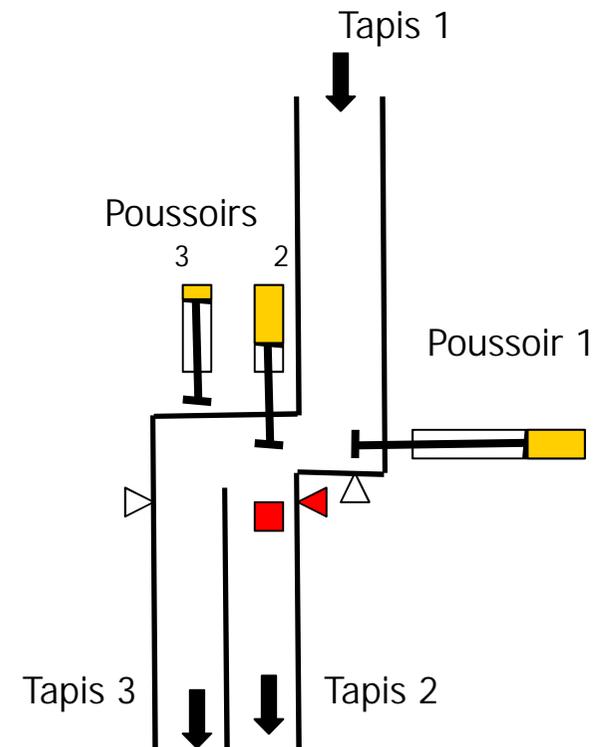
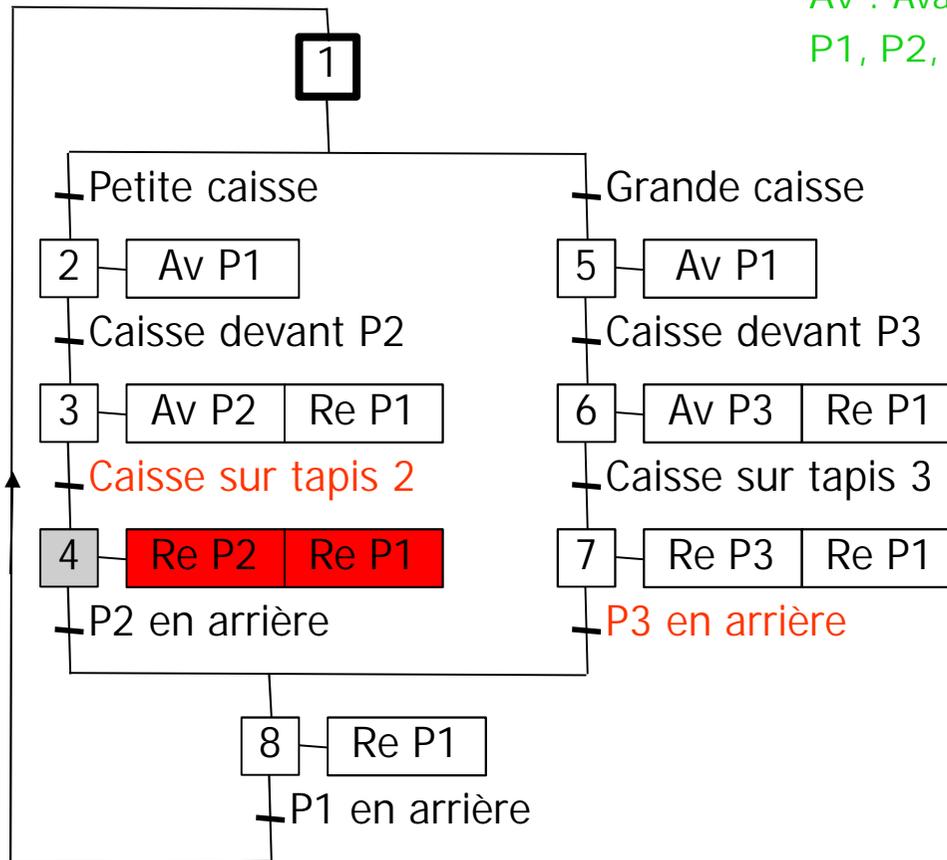
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

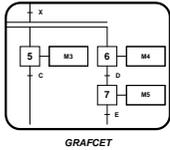




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

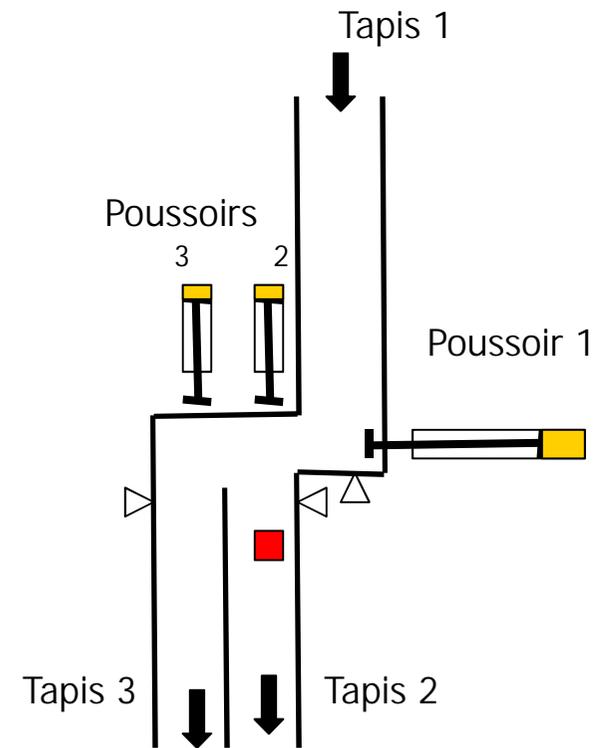
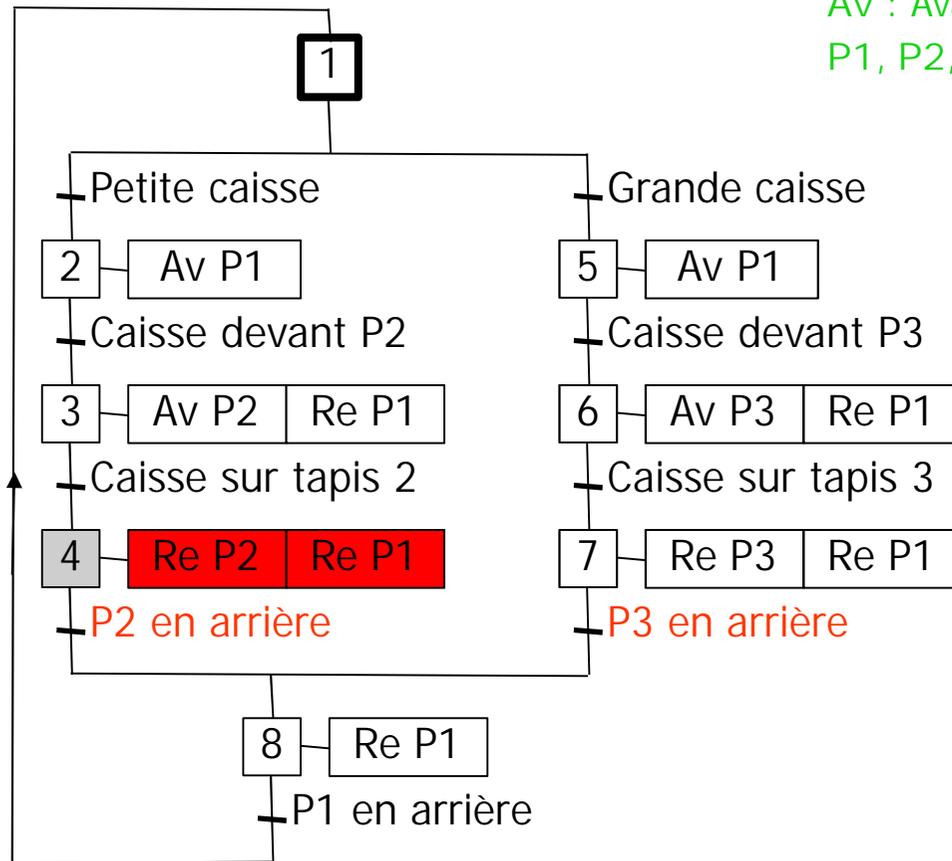
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

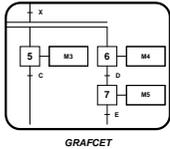




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

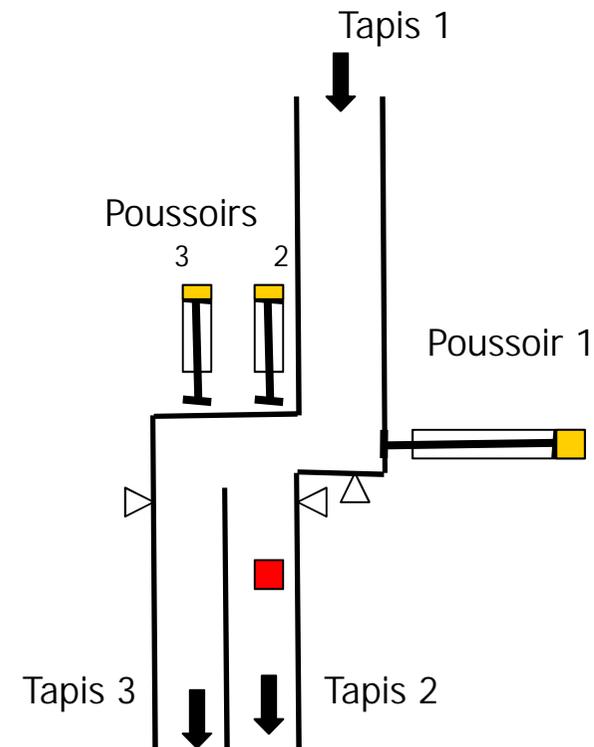
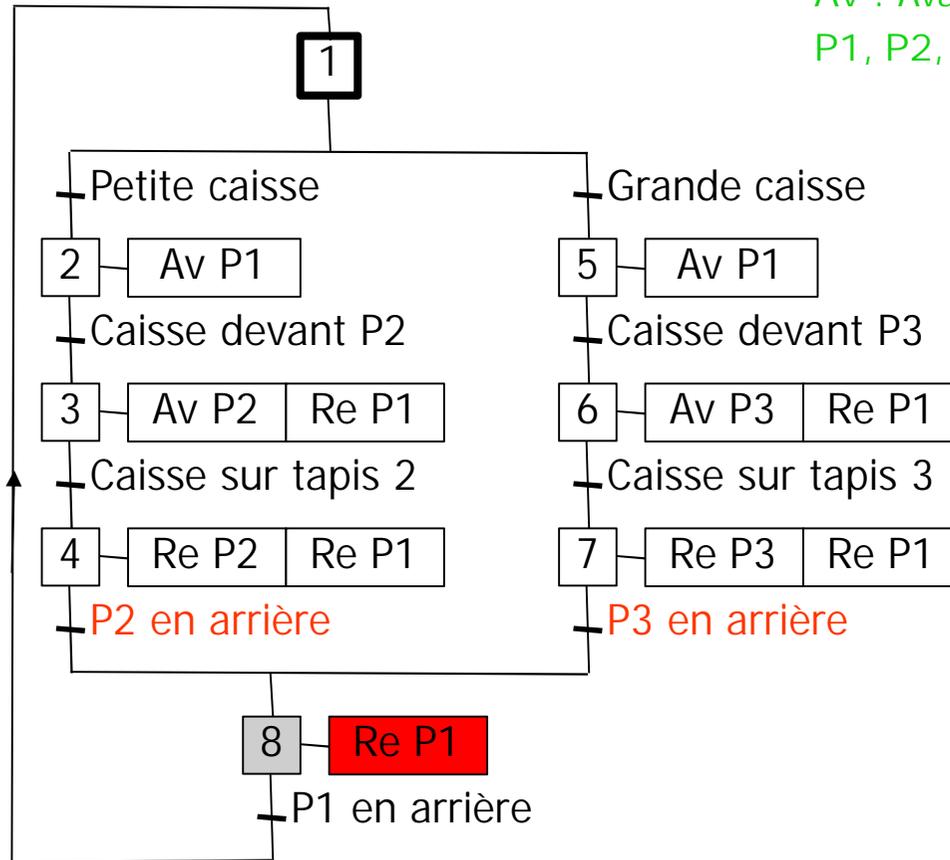
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

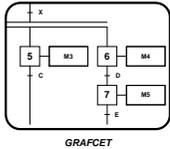




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

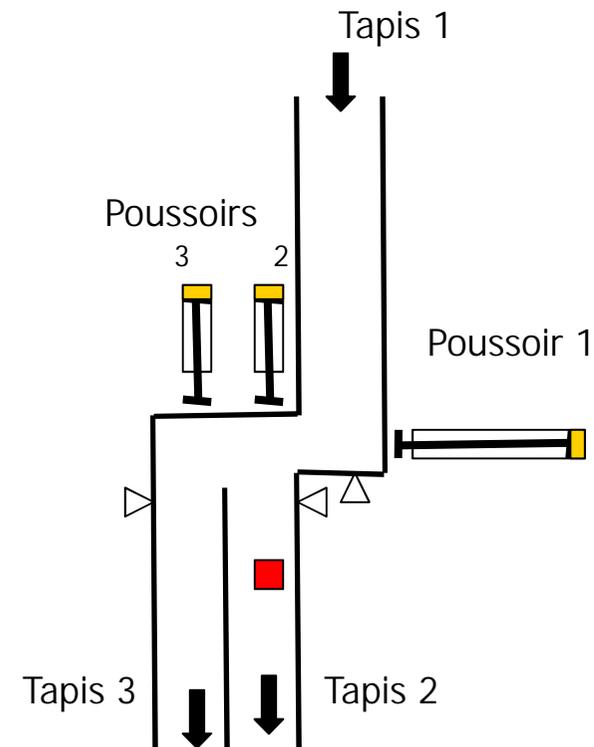
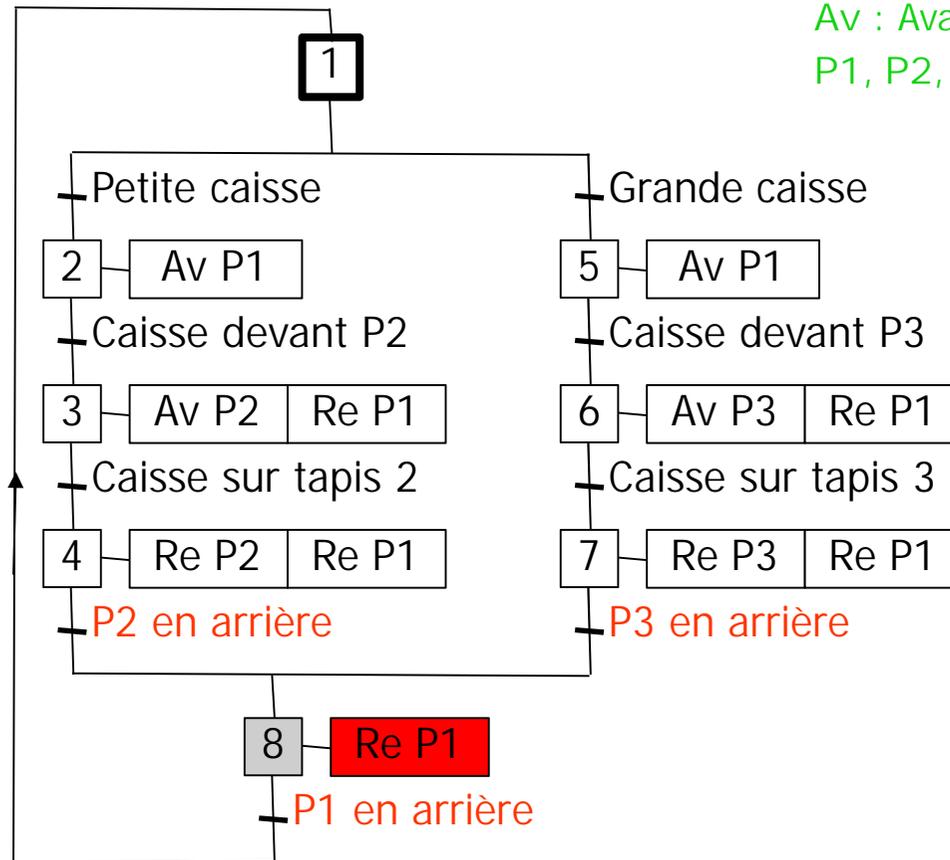
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

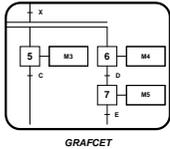




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

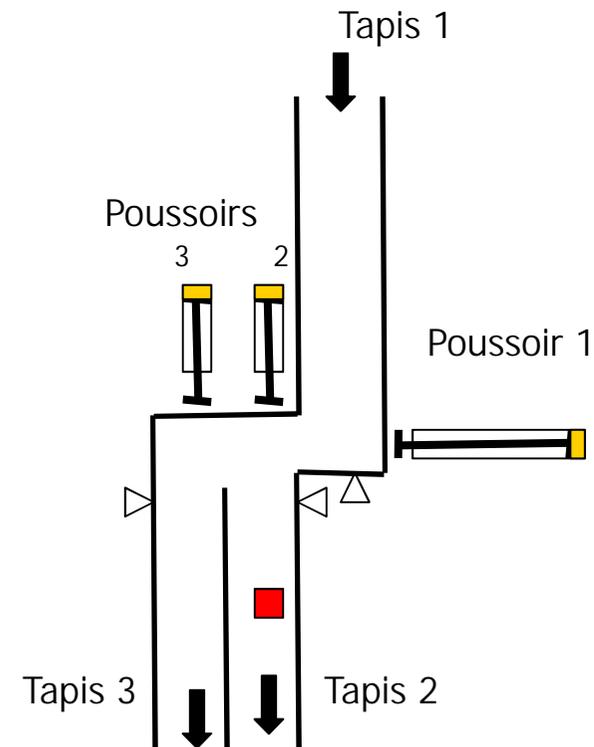
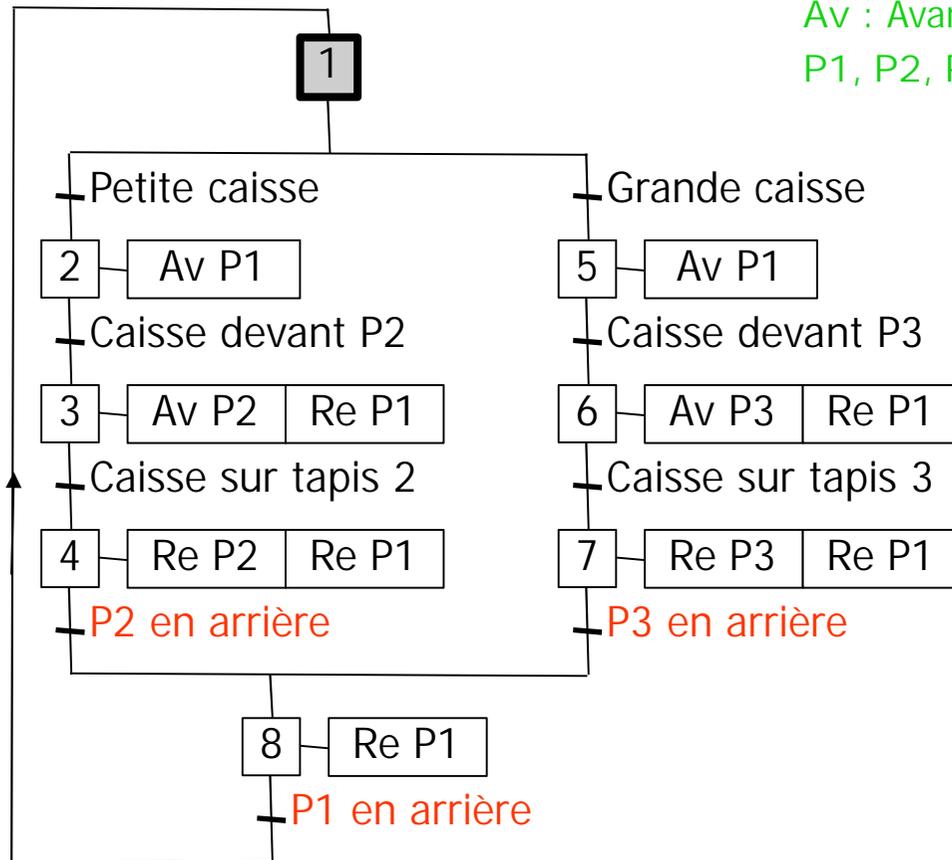
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

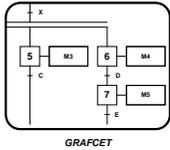




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

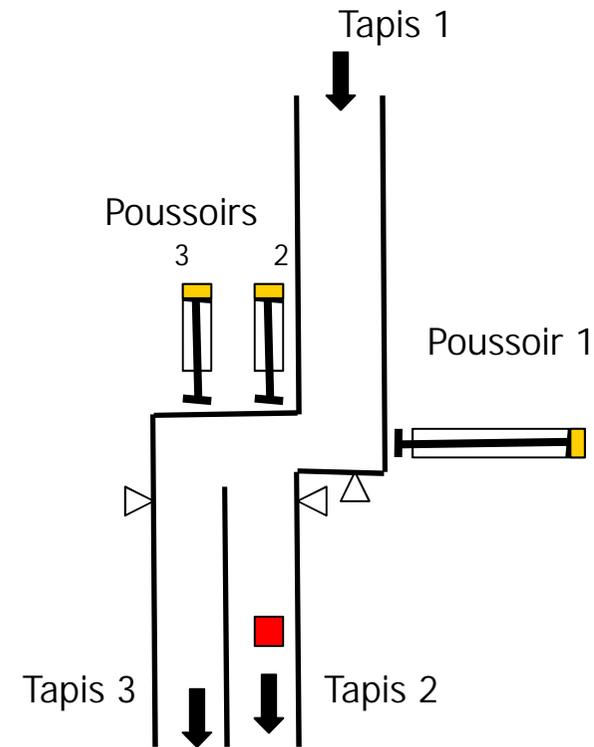
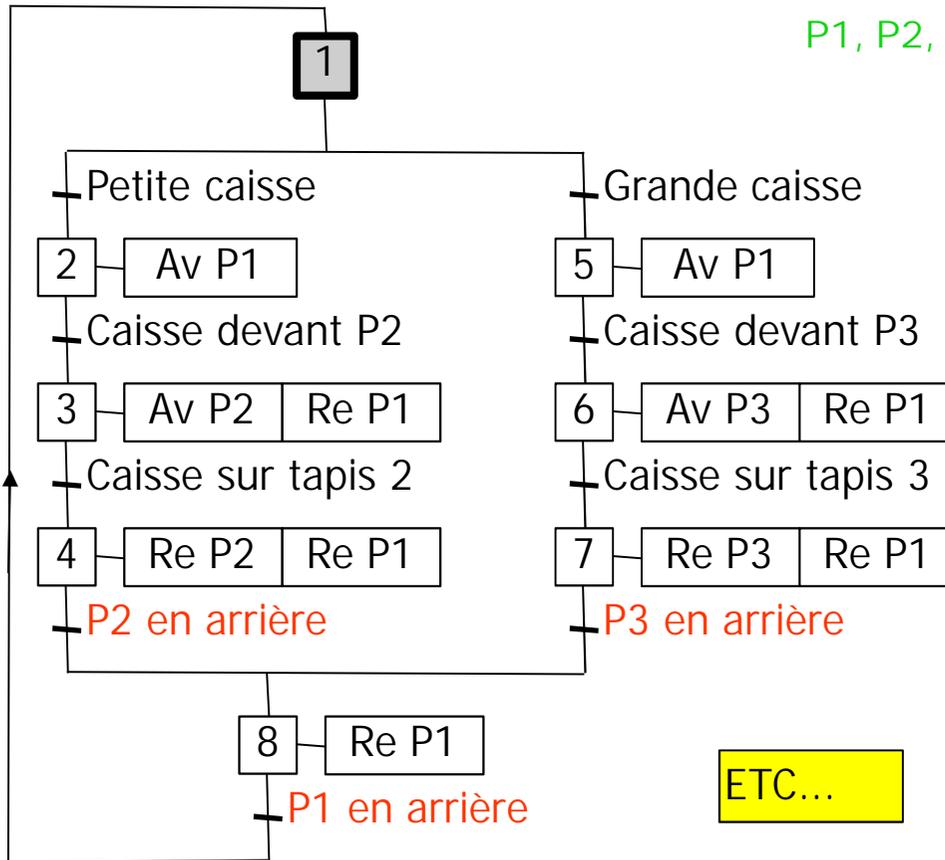
Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3

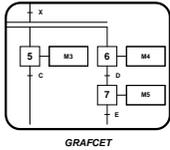




Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

Av : Avance Re : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3



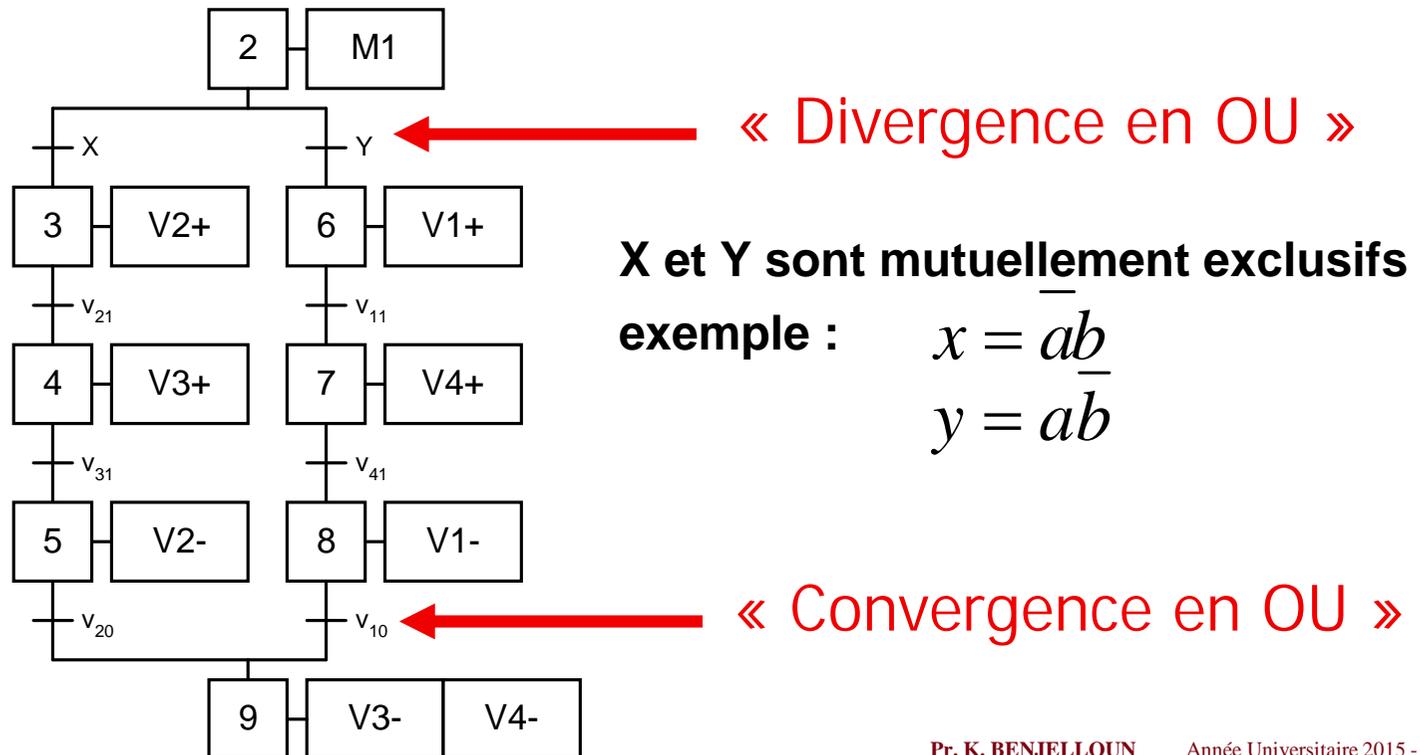


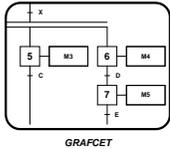
Structures de séquences (3), Aiguillages

La sélection de séquences exprime un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une ou plusieurs étapes.

Cette structure se représente par autant de transitions validées simultanément qu'il peut y avoir d'évolutions possibles.

Exemple :



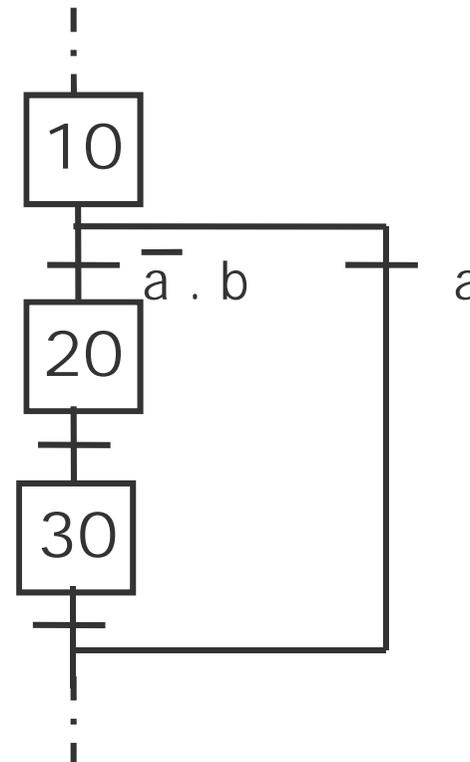


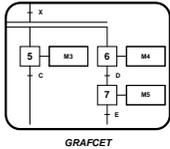
Structures de séquences (4)

Saut

Il s'agit d'un cas particulier de sélection de séquences, qui permet soit de parcourir la séquence complète soit de sauter une ou plusieurs étapes.

Exemple :



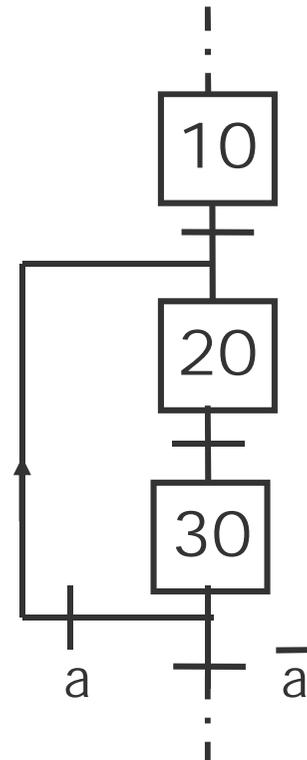


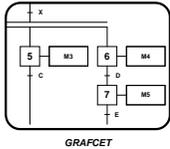
Structures de séquences (5)

Reprise

Il s'agit encore d'un cas particulier de sélection de séquences, qui permet de recommencer la même séquence jusqu'à ce que, par exemple, une condition fixée soit obtenue.

Exemple :

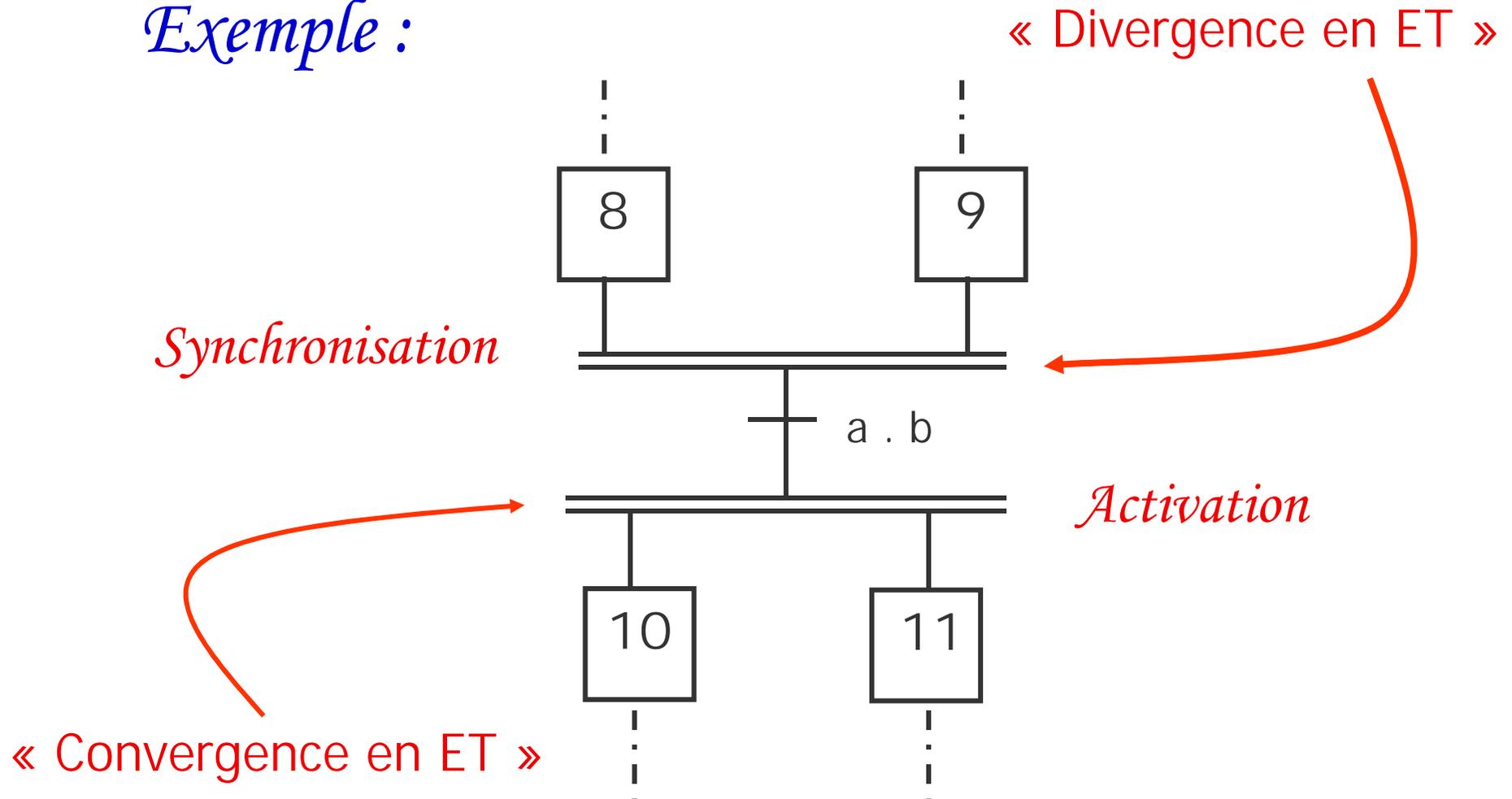


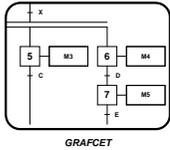


Structures de séquences (6) Synchronisation

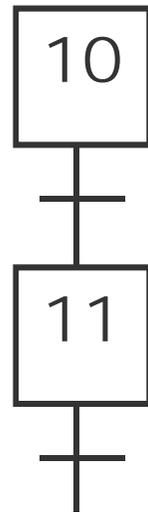
Synchronisation et activation de séquences parallèles

Exemple :

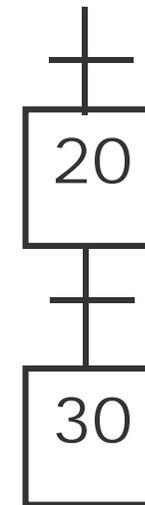




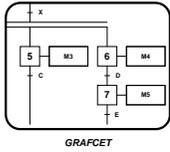
Structures de séquences (7) Source, Puit



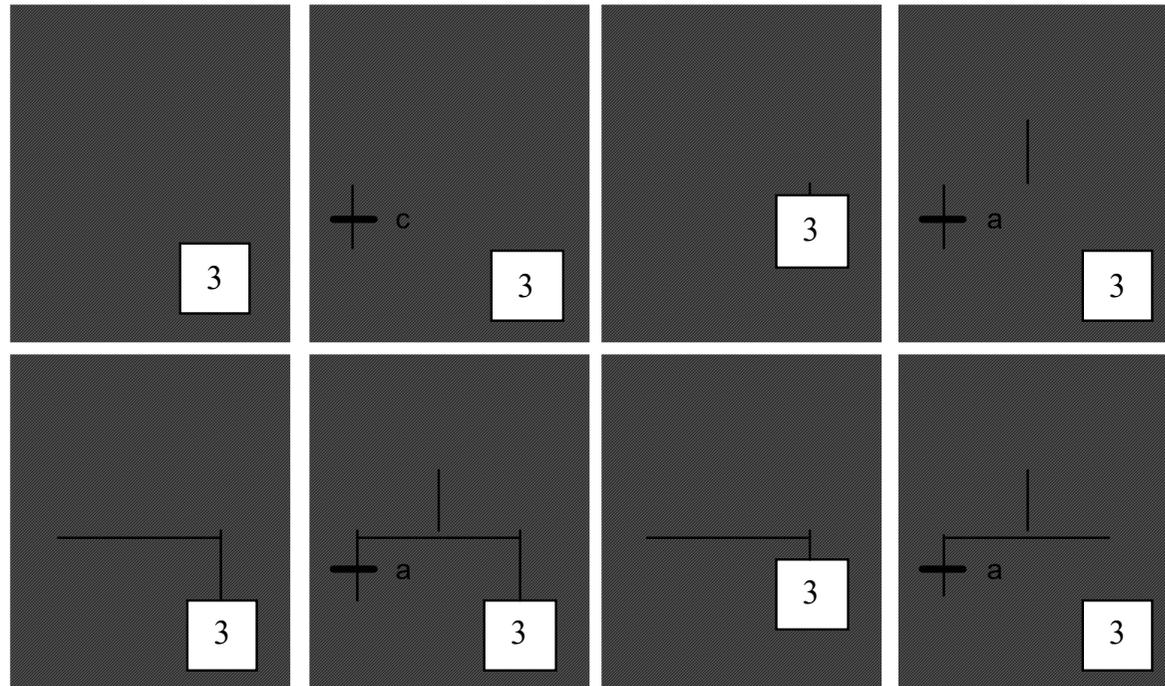
étape source :
qui ne possède aucune
transition amont.
(souvent INIT)

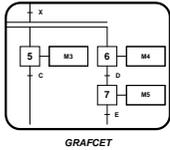


étape puit :
qui ne possède aucune
transition aval.

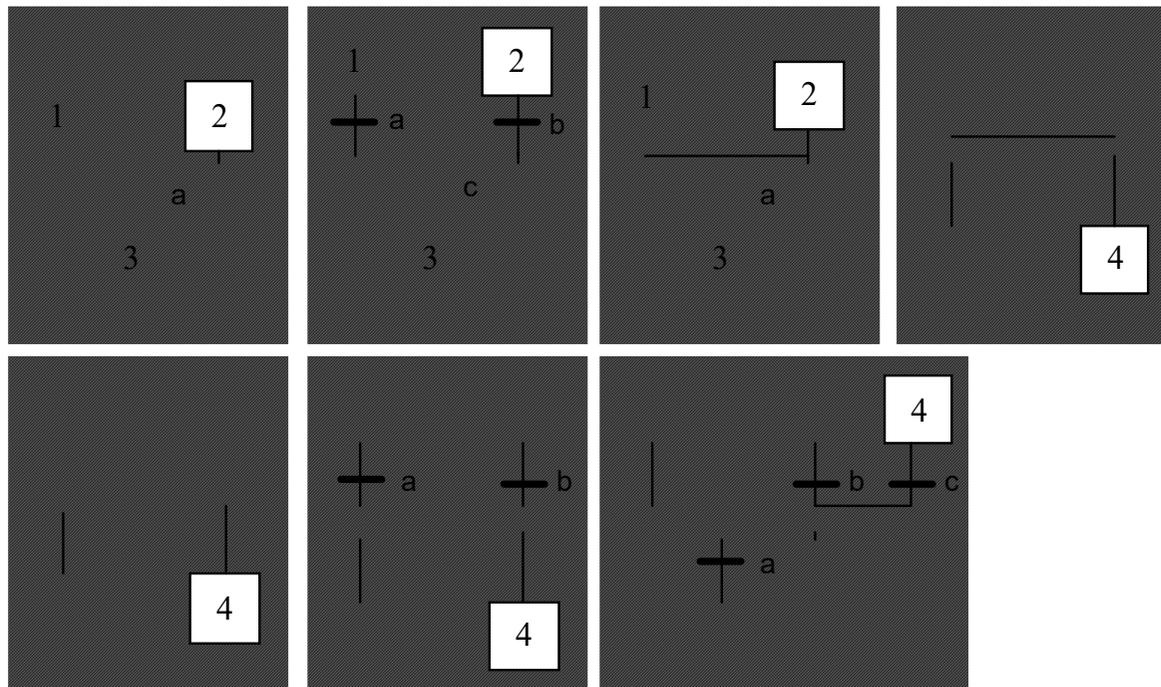


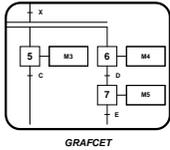
Structure correcte ?



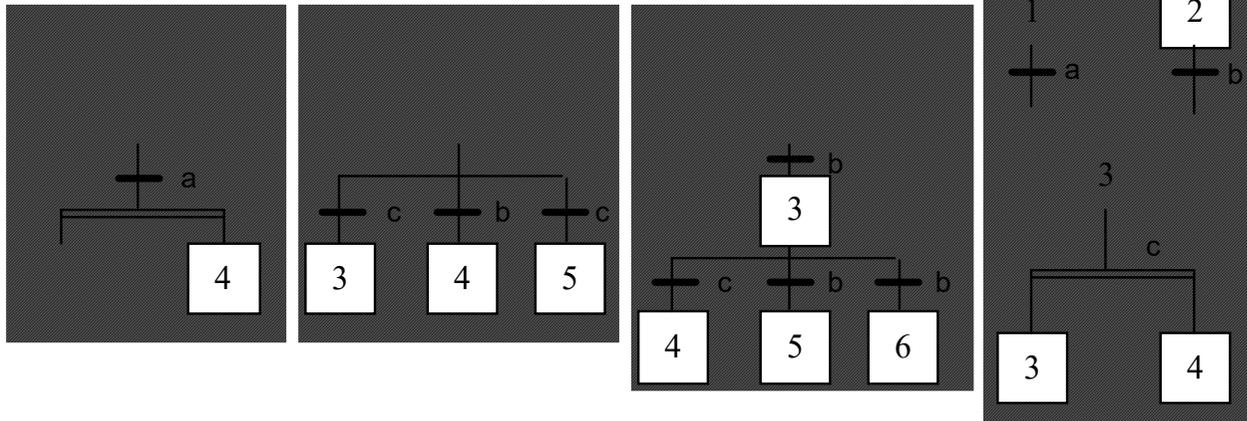


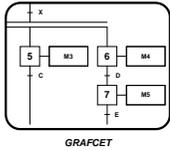
Structure correcte ?



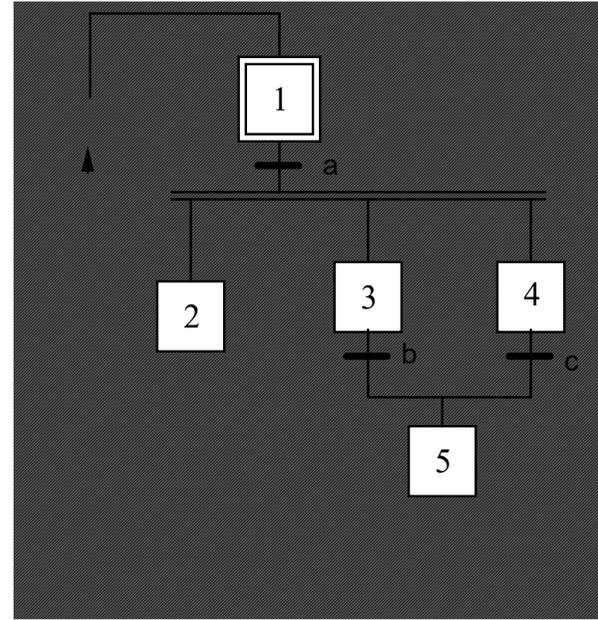
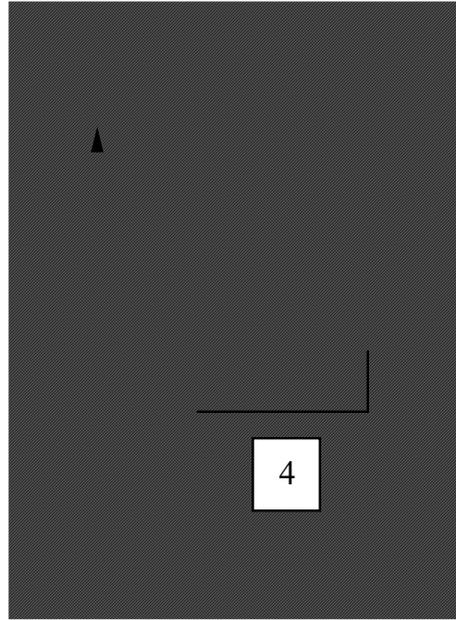
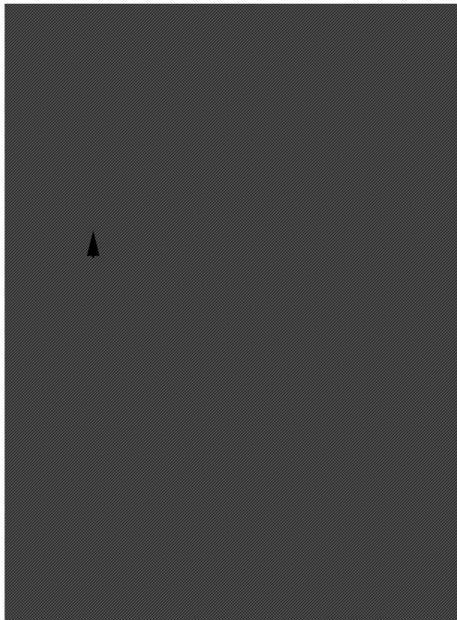


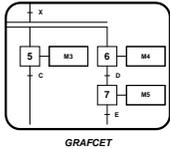
Structure correcte ?





Ces grafcets fonctionnent-ils ?

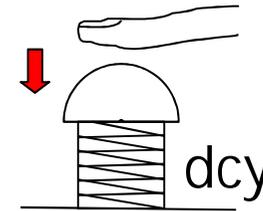




Exemple avec branchement ET (fonctionnement parallèle)

Cahier des charges :

après appui sur départ cycle « dcy », les chariots partent pour un aller-retour. Un nouveau départ cycle ne peut se faire que si les deux chariots sont à gauche.



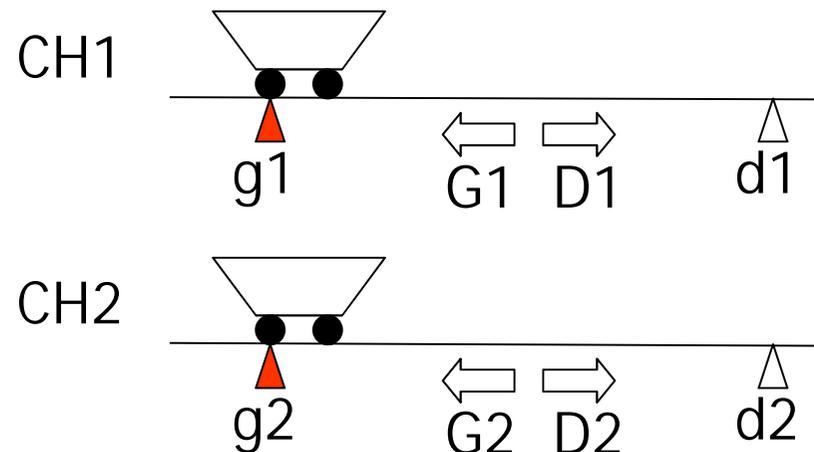
CH1, CH2 : chariot 1, 2

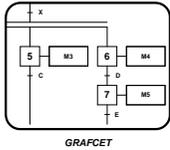
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

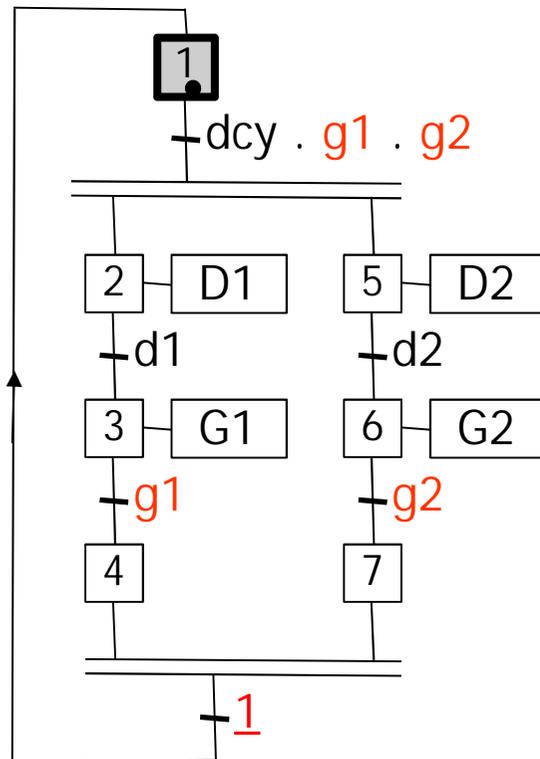
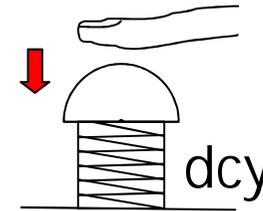
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

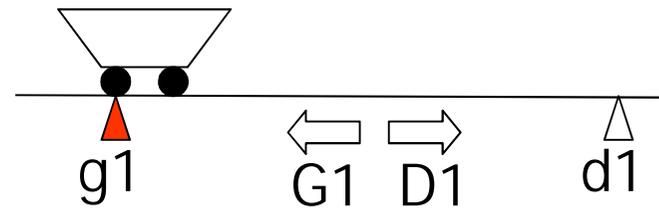
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

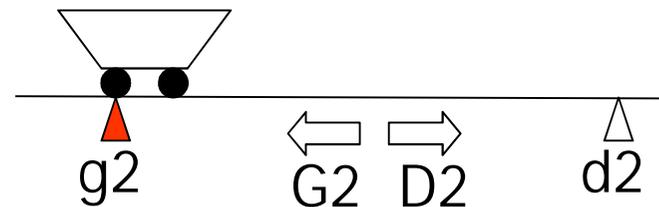
Solution 1

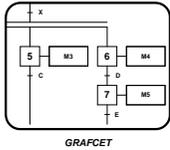


CH1



CH2





Automatisme

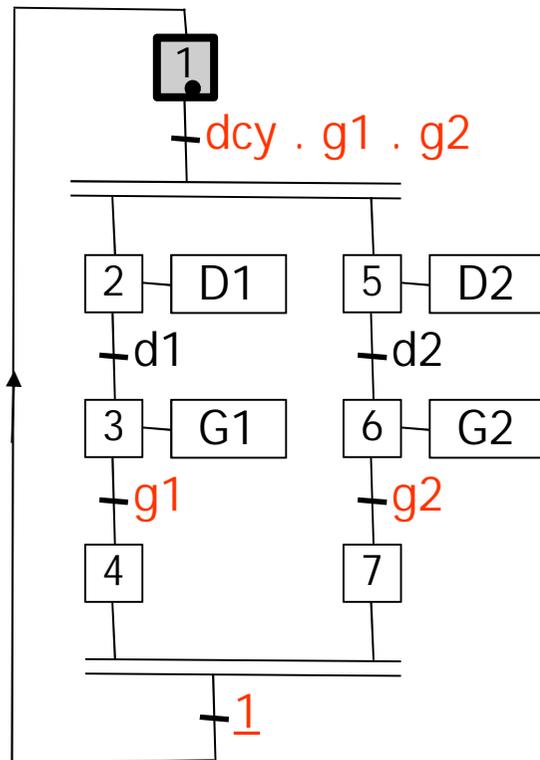
CH1, CH2 : chariot 1, 2

g : capteur « position gauche »

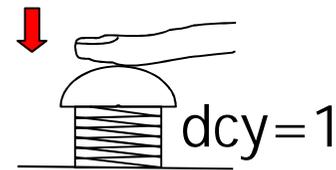
d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

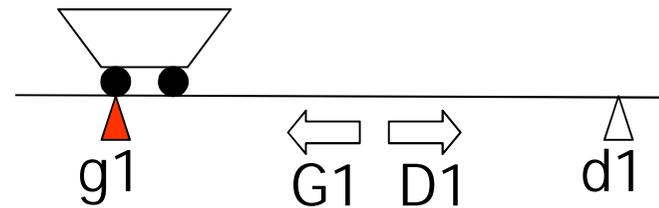
D : action « aller à droite »



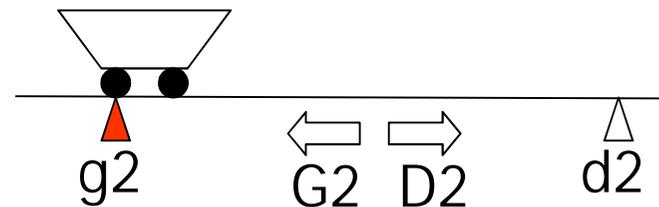
Solution 1

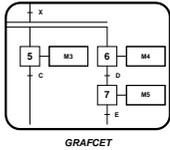


CH1



CH2





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

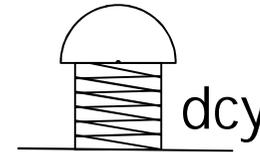
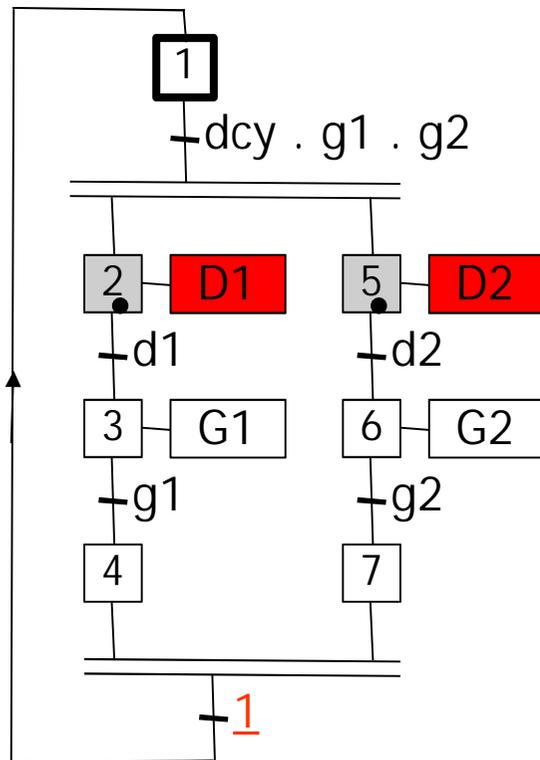
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

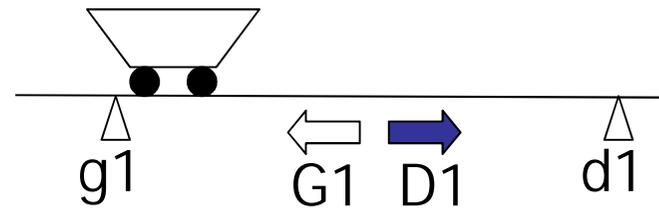
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

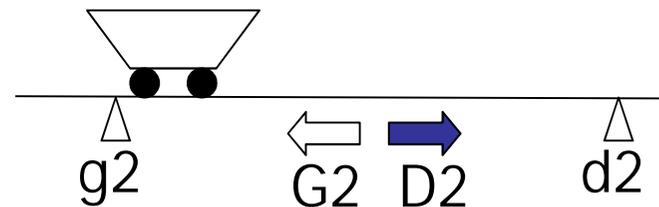
Solution 1

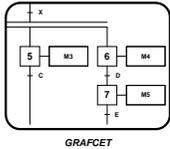


CH1



CH2





CH1, CH2 : chariot 1, 2

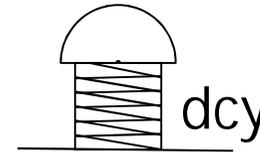
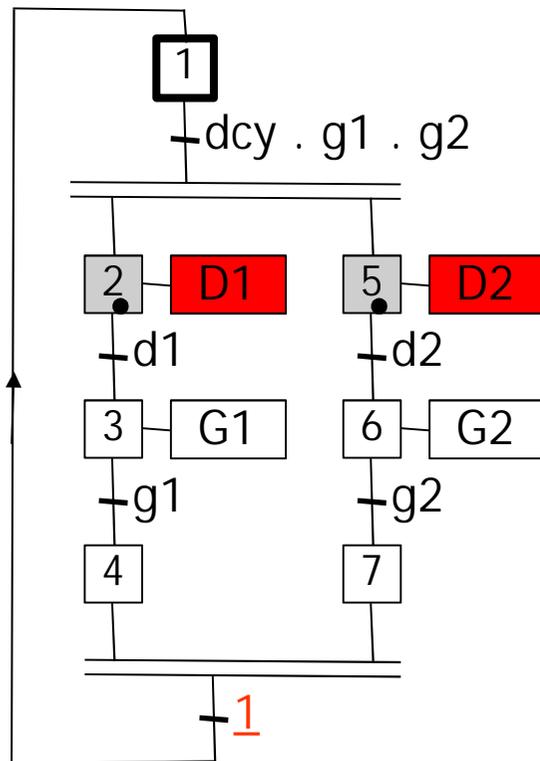
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

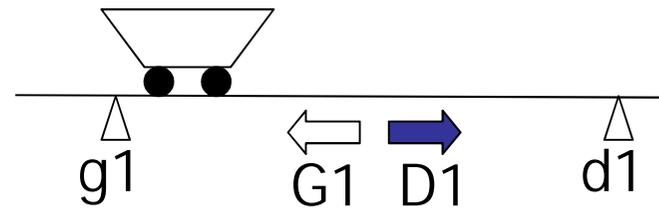
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

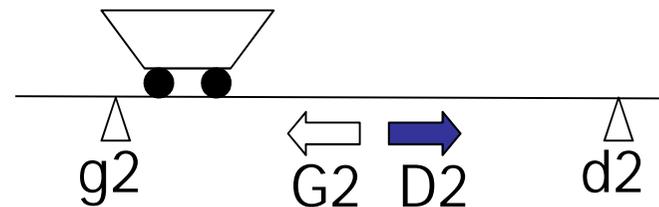
Solution 1

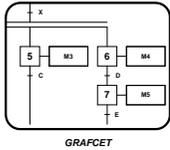


CH1



CH2





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

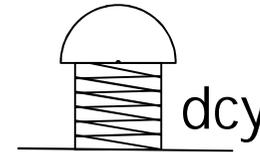
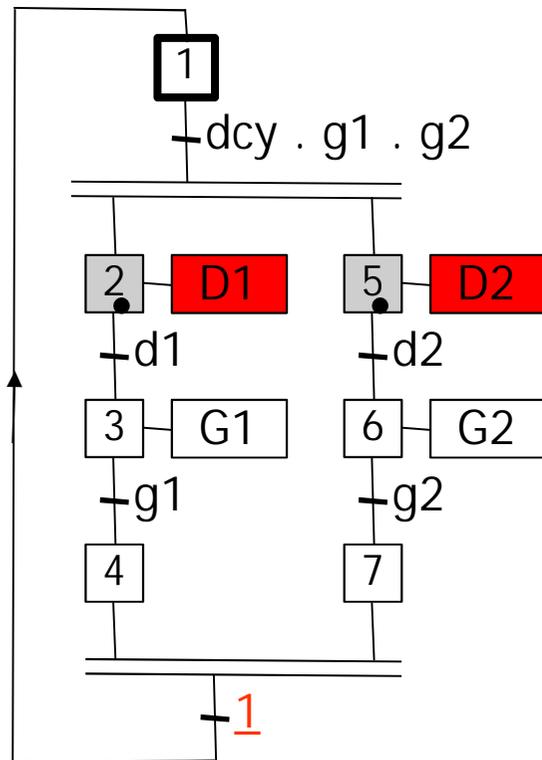
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

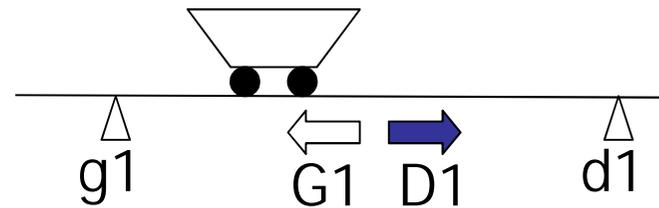
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

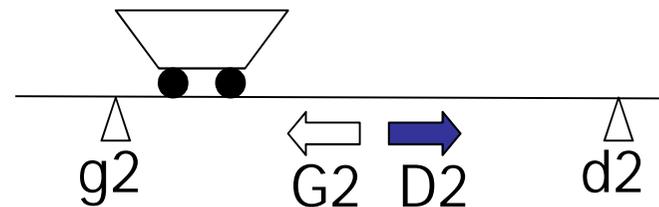
Solution 1

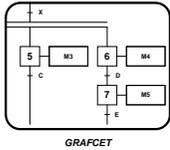


CH1



CH2





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

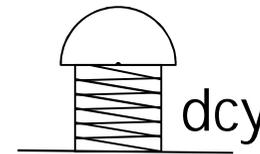
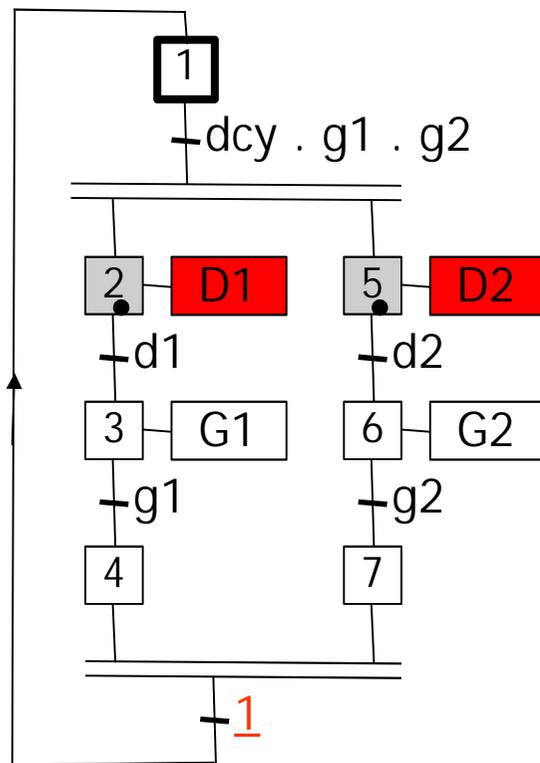
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

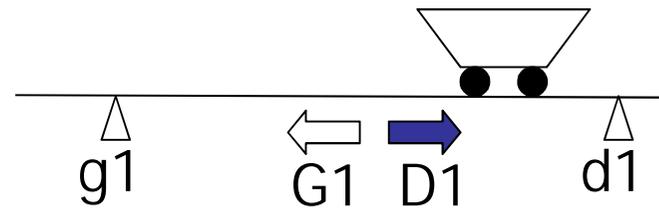
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

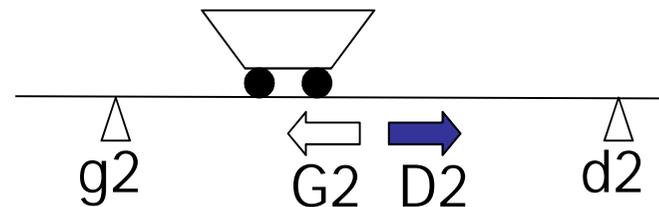
Solution 1

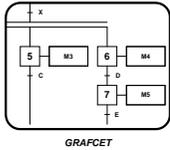


CH1



CH2





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

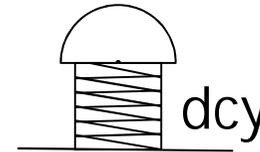
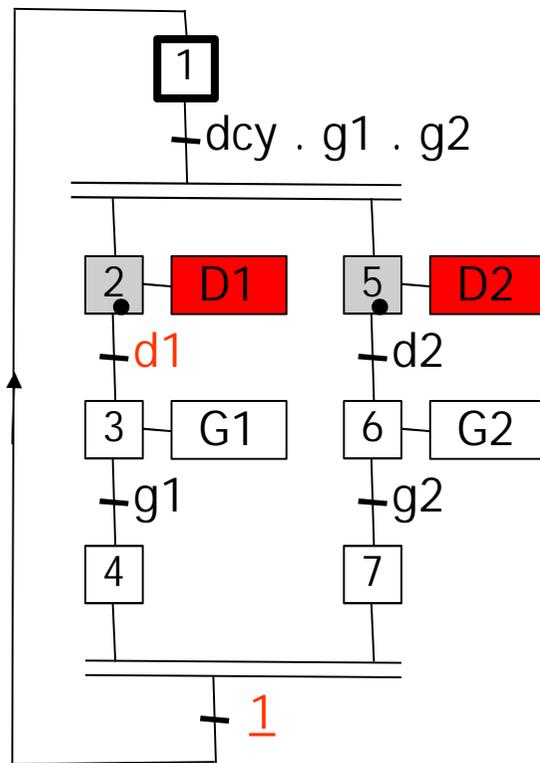
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

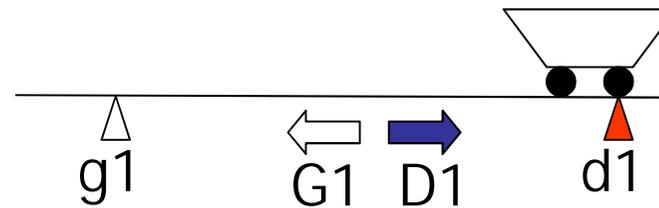
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

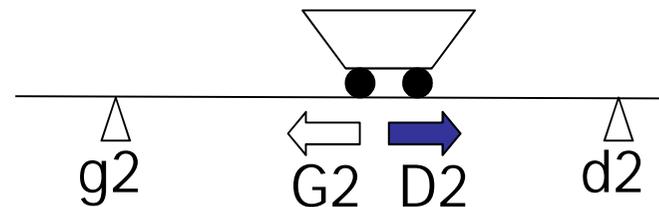
Solution 1

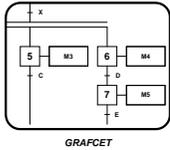


CH1



CH2





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

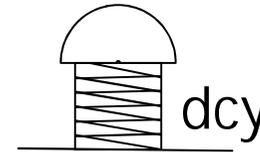
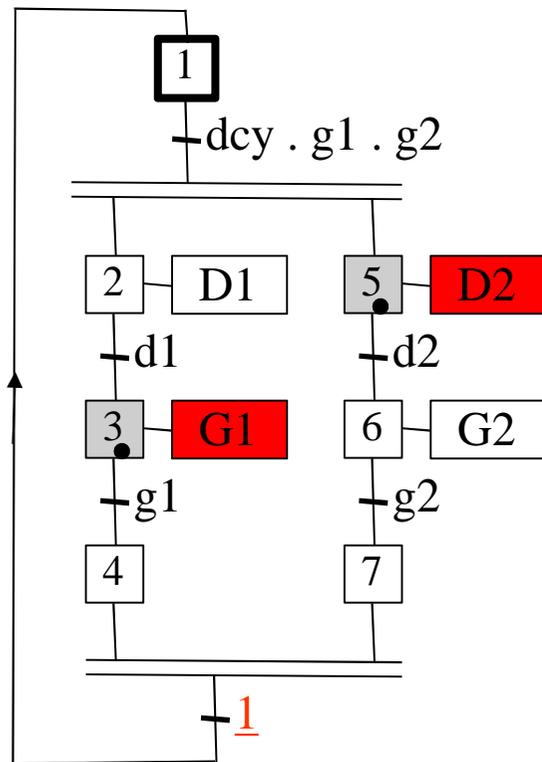
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

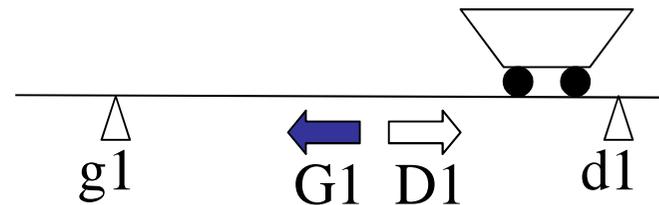
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

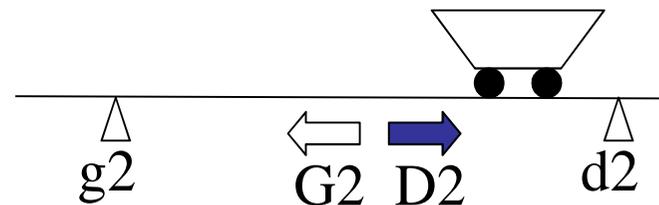
Solution 1

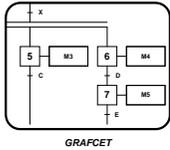


CH1



CH2





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

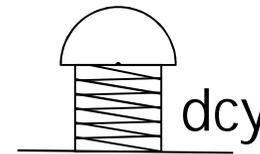
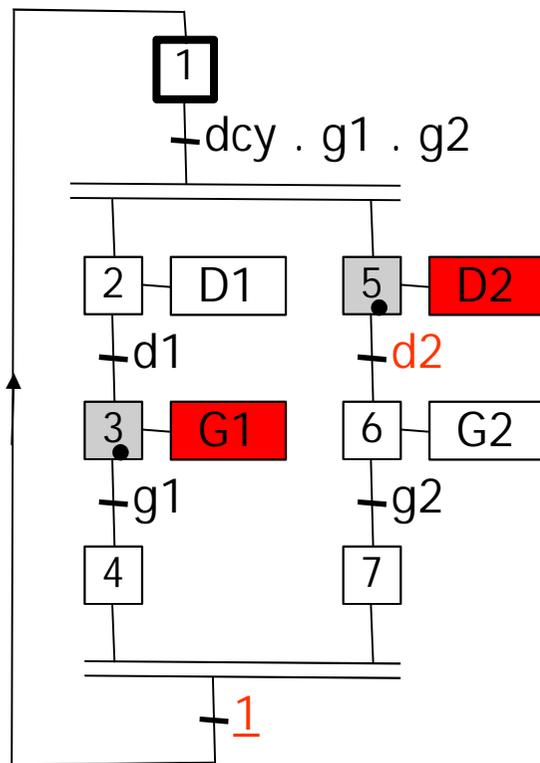
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

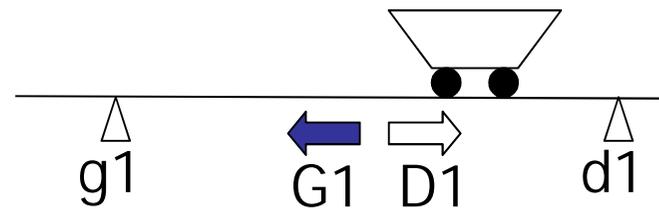
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

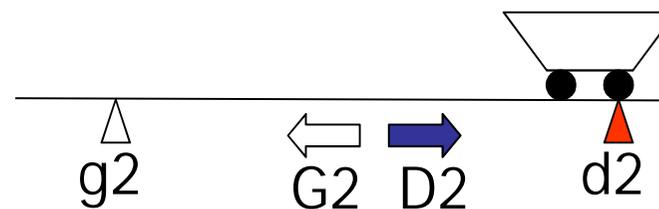
Solution 1

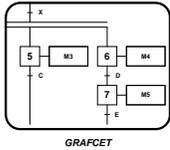


CH1



CH2





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

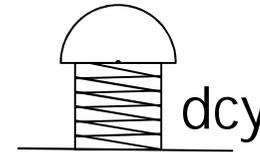
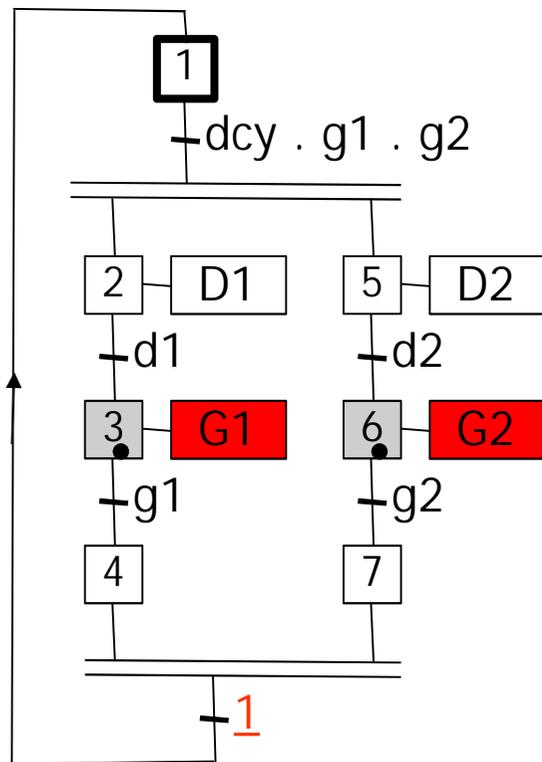
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

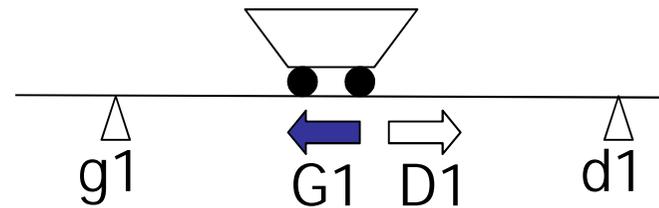
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

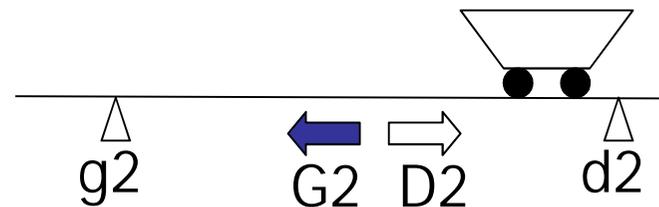
Solution 1

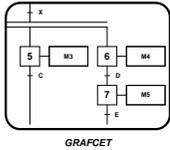


CH1



CH2





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

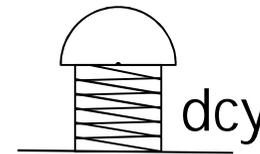
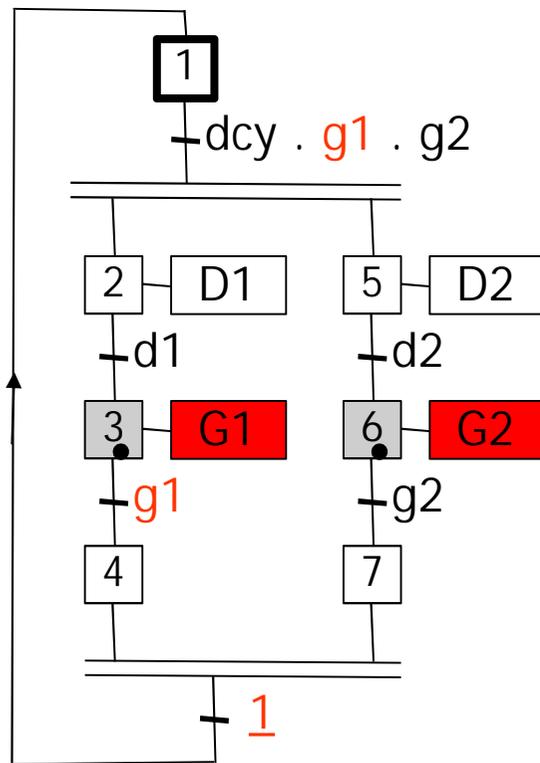
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

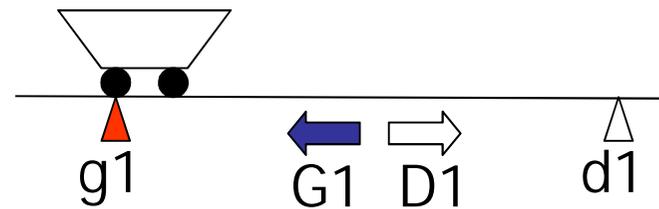
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

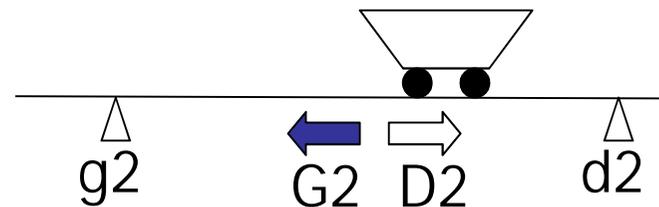
Solution 1

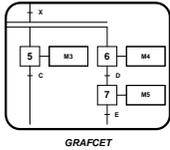


CH1



CH2





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

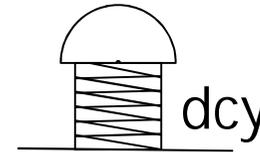
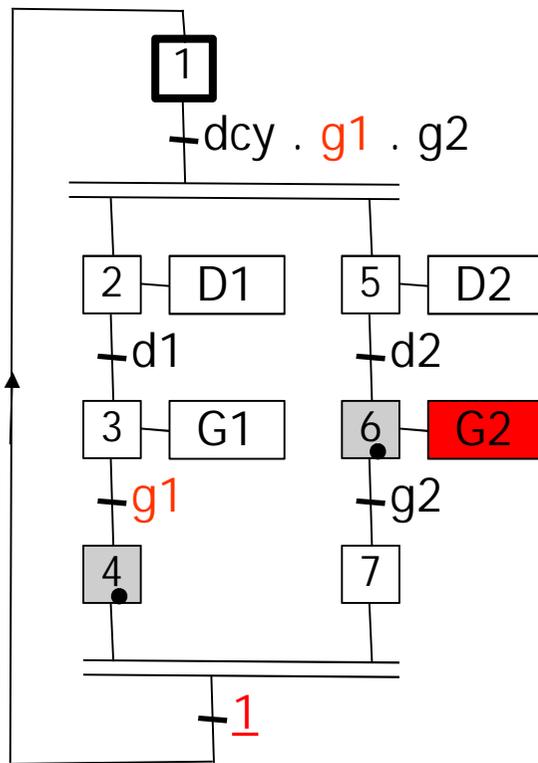
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

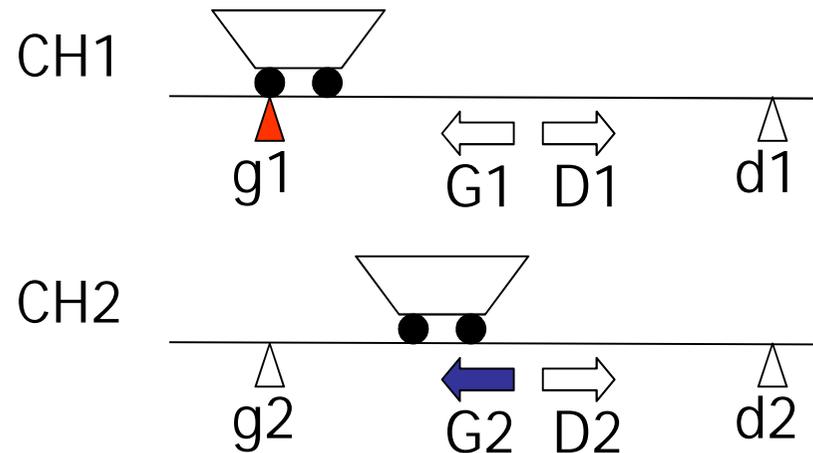
G : action « aller à gauche »

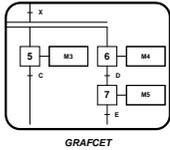
D : action « aller à droite »

Solution 1



Etape 4 = étape « d'attente » ⇒ Aucune action



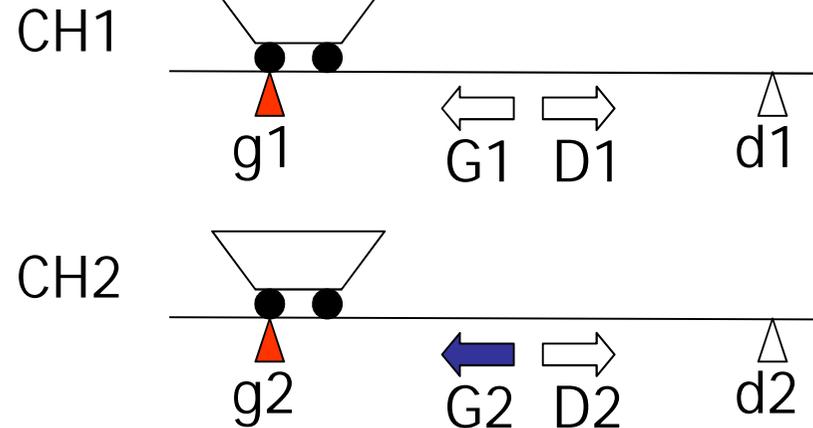
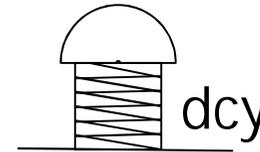
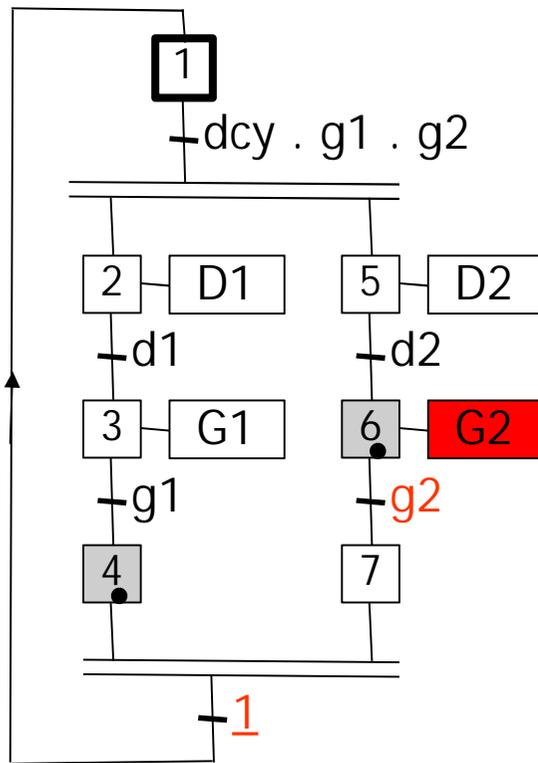


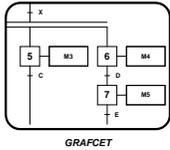
Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

- g : capteur « position gauche »
- d : capteur « position droite »
- G : action « aller à gauche »
- D : action « aller à droite »

Solution 1





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

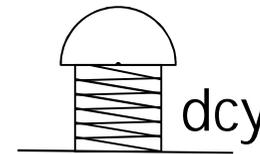
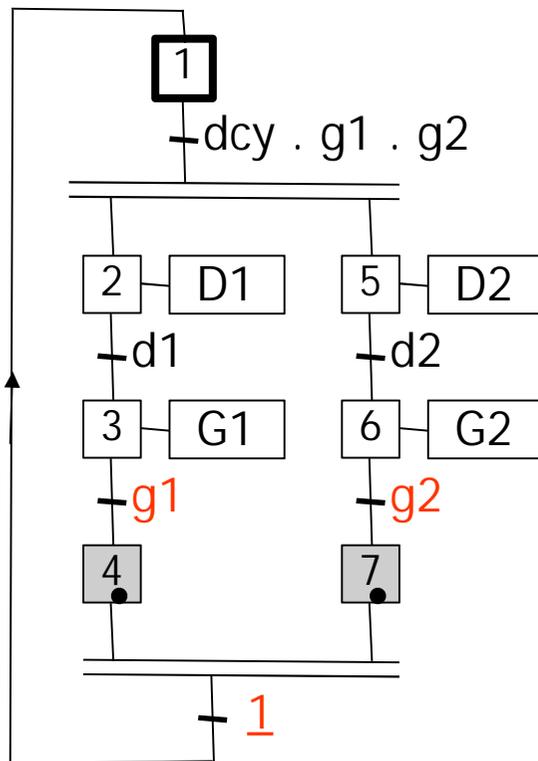
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

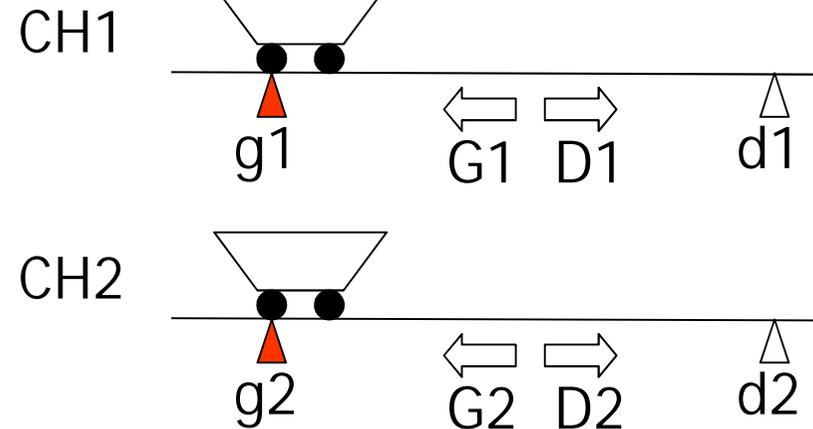
G : action « aller à gauche »

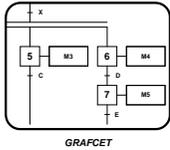
D : action « aller à droite »

Solution 1



Étapes 4 & 7 actives ⇒ Synchronisation





Automatisme

CH1, CH2 : chariot 1, 2

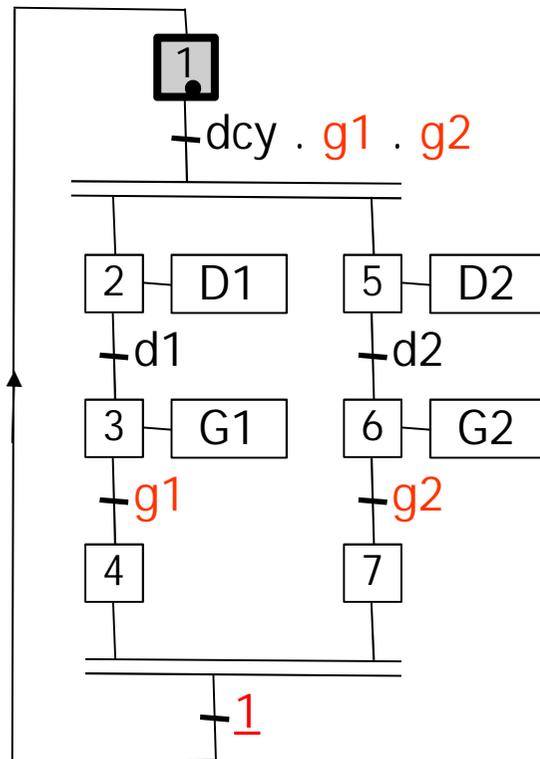
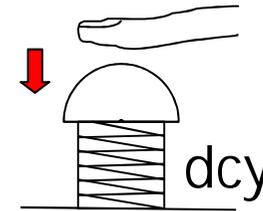
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

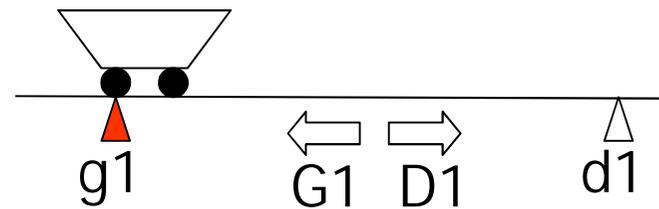
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

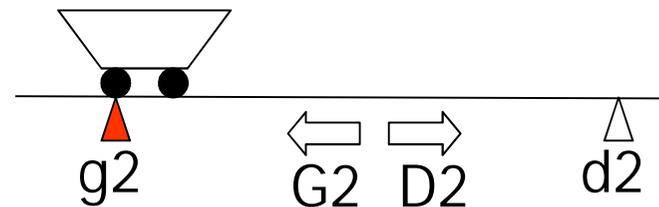
Solution 1

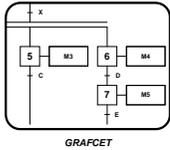


CH1



CH2





Automatisme

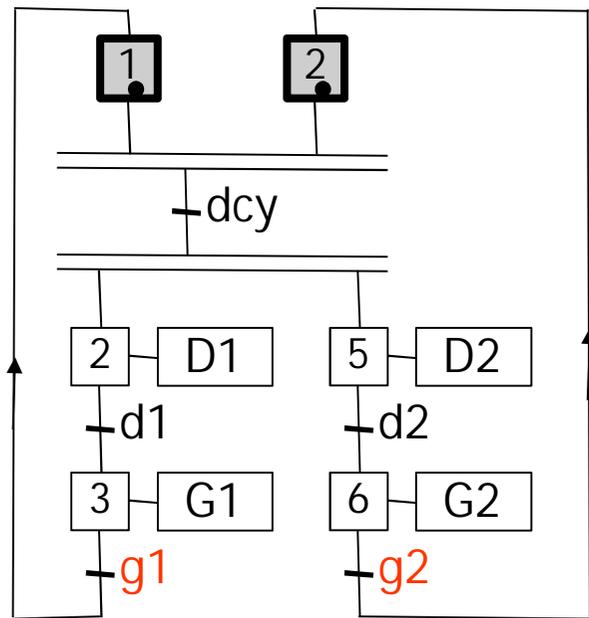
CH1, CH2 : chariot 1, 2

g : capteur « position gauche »

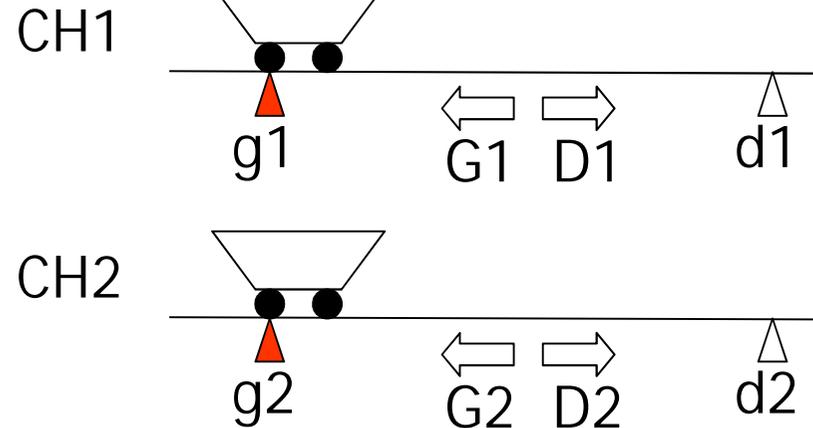
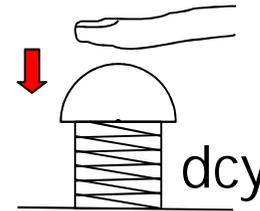
d : capteur « position droite »

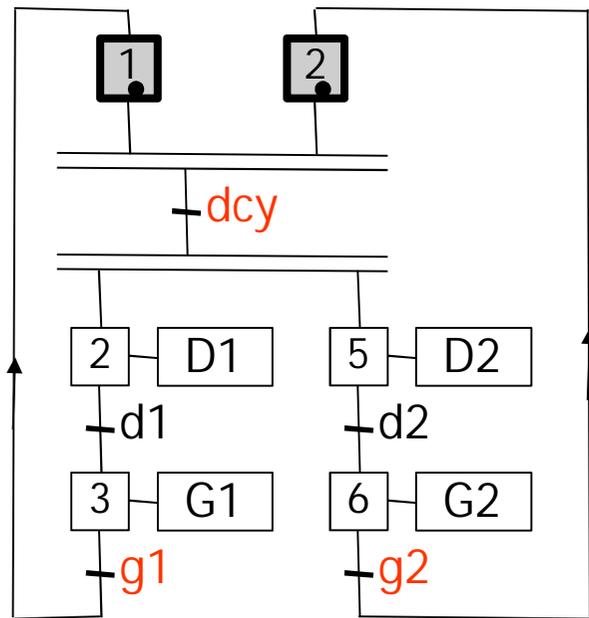
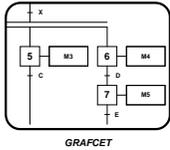
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

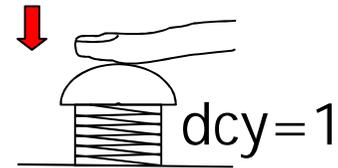


Solution 2

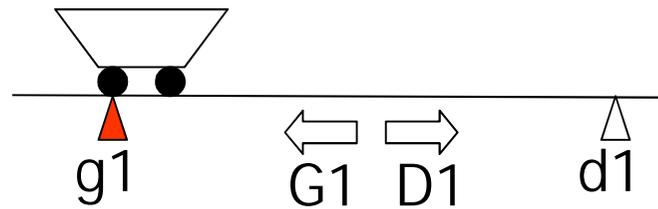




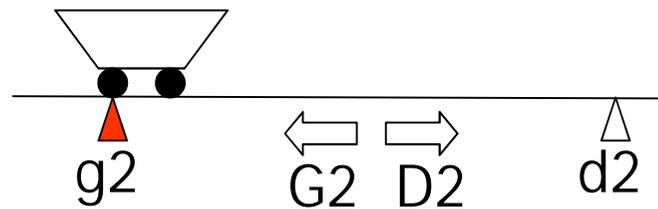
Solution 2

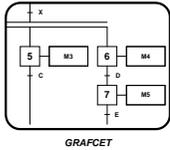


CH1

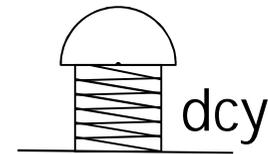
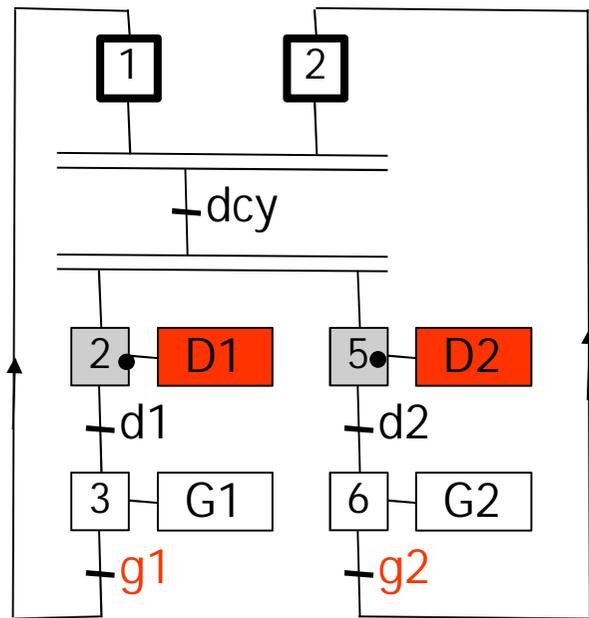


CH2

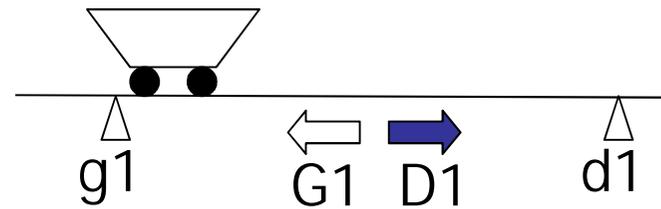




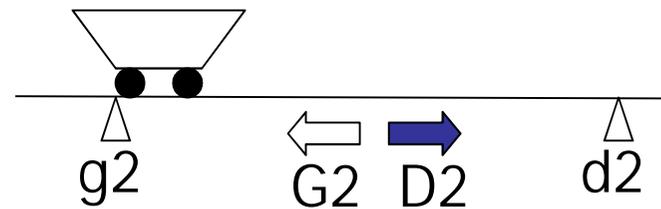
Solution 2

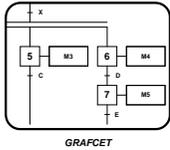


CH1

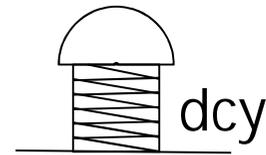
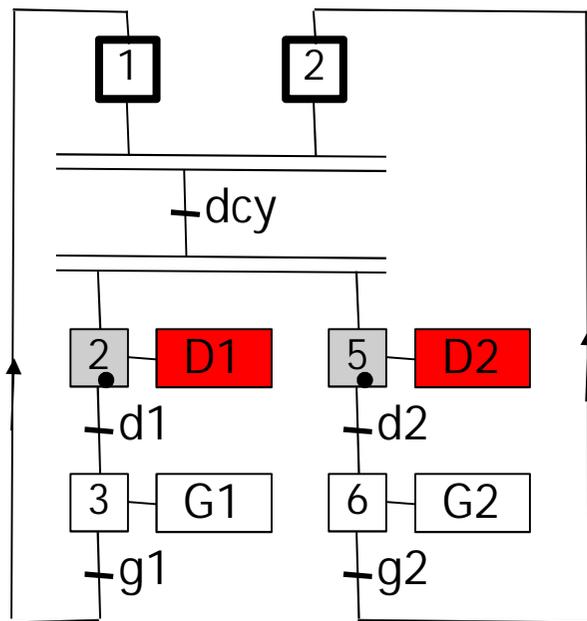


CH2

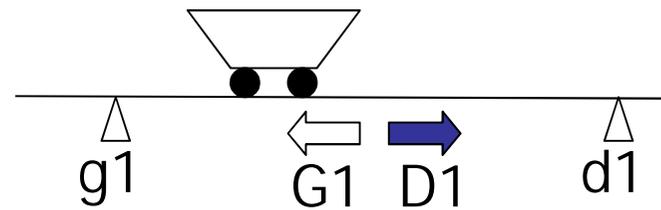




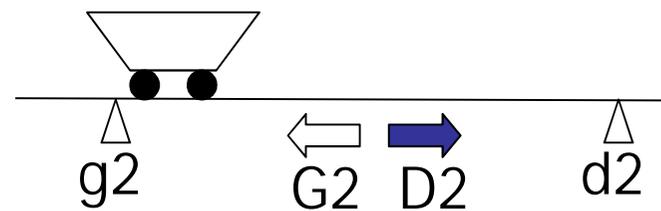
Solution 2

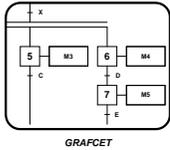


CH1

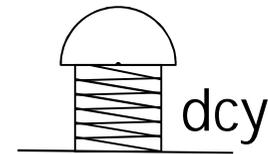
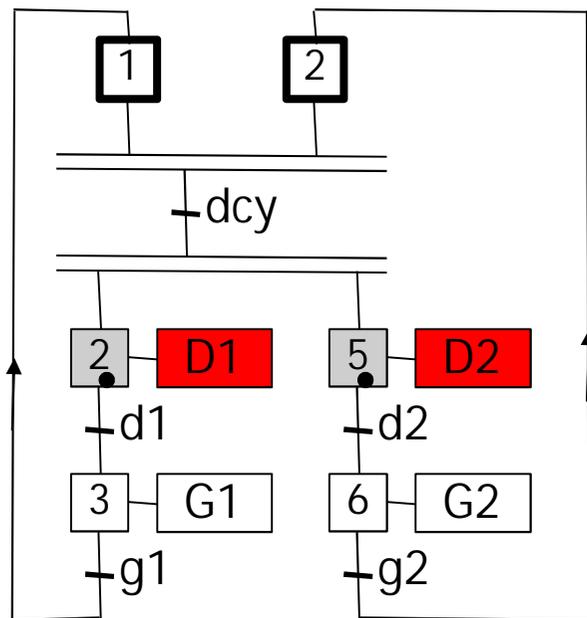


CH2

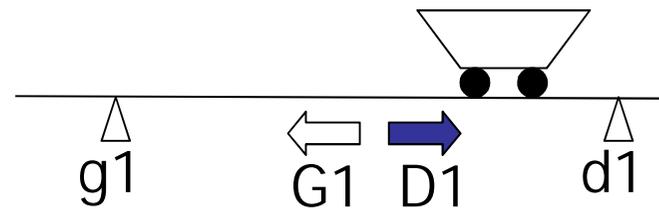




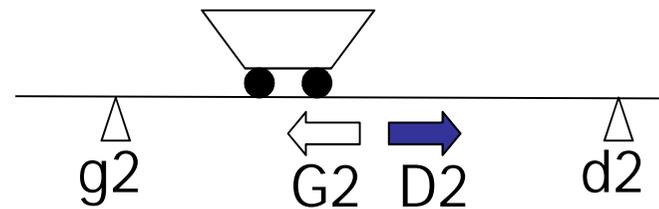
Solution 2

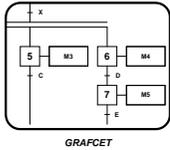


CH1

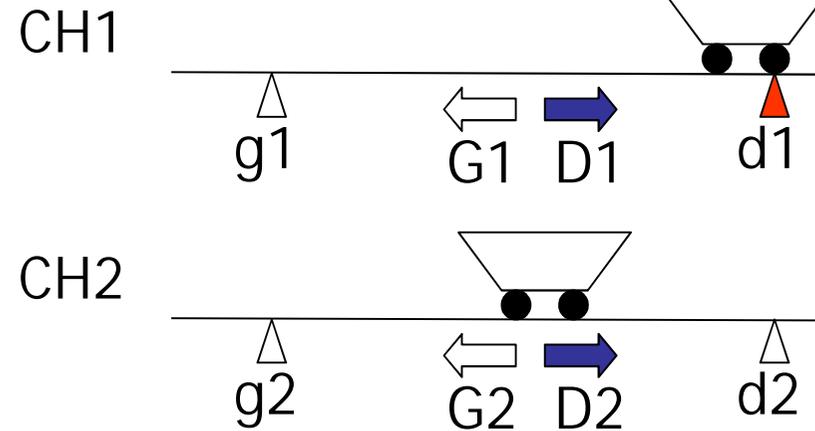
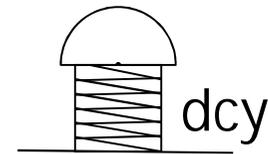
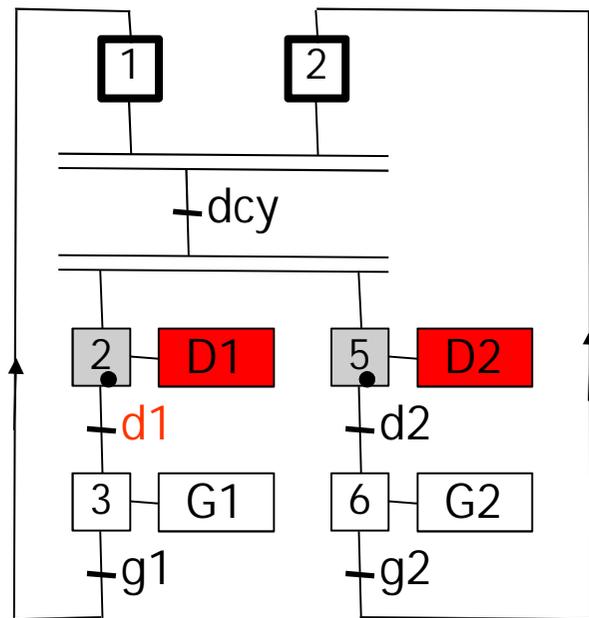


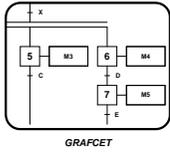
CH2



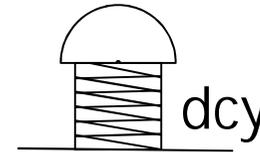
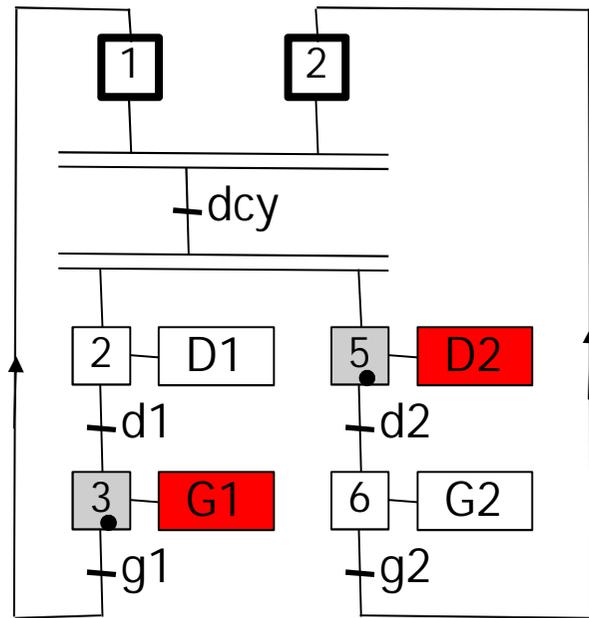


Solution 2

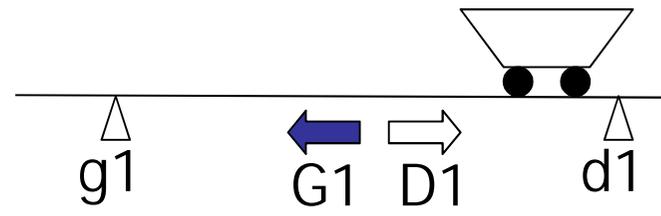




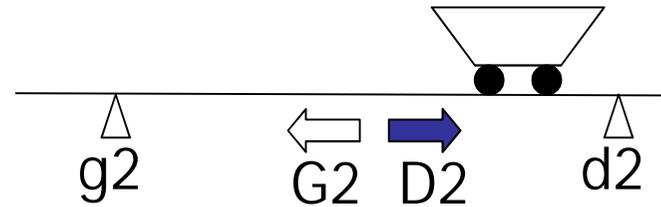
Solution 2

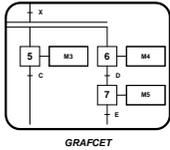


CH1

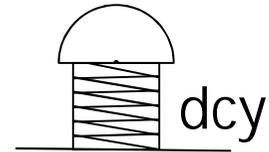
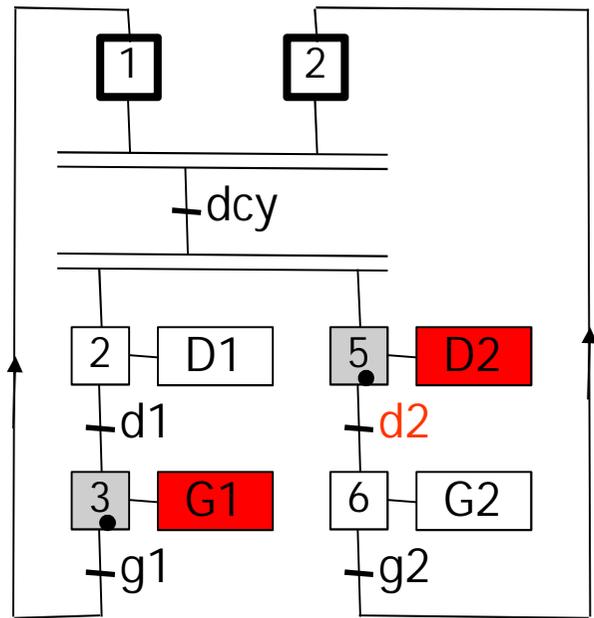


CH2

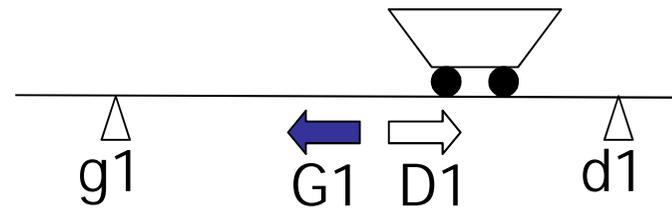




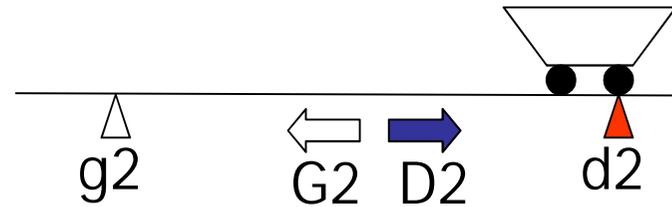
Solution 2

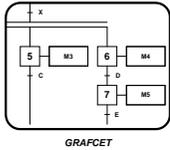


CH1

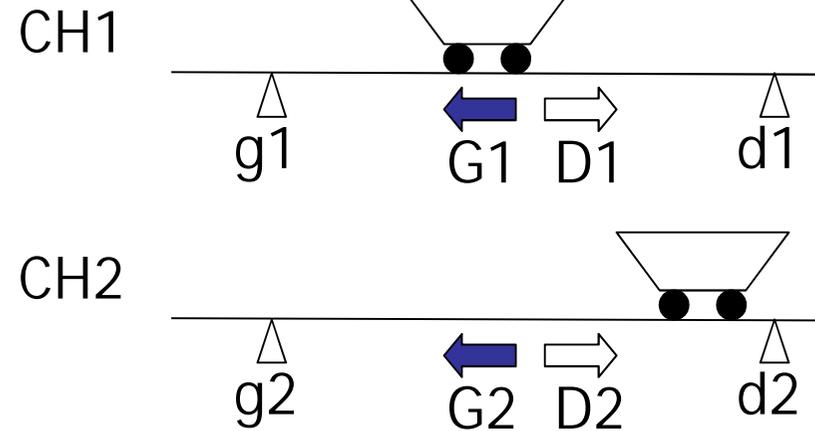
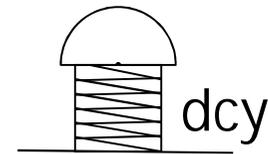
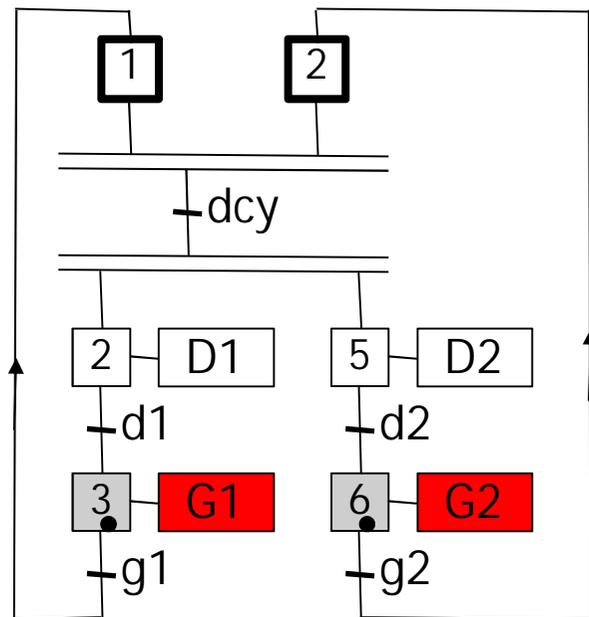


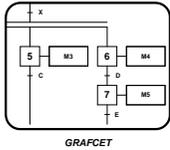
CH2



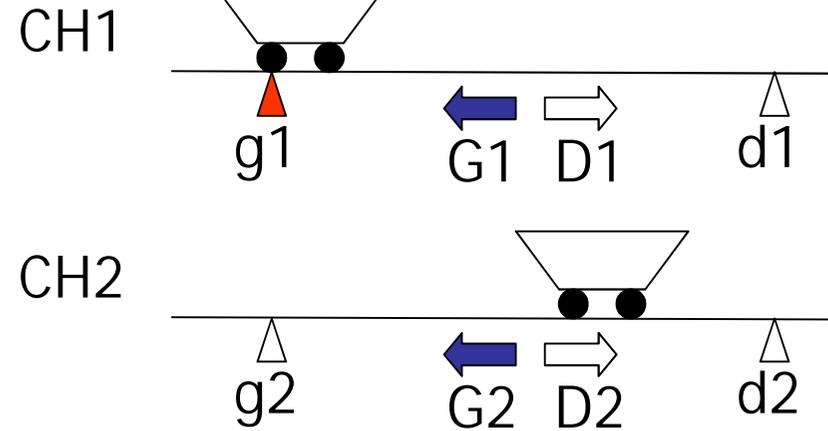
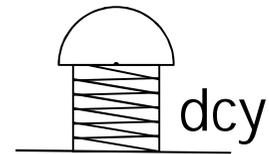
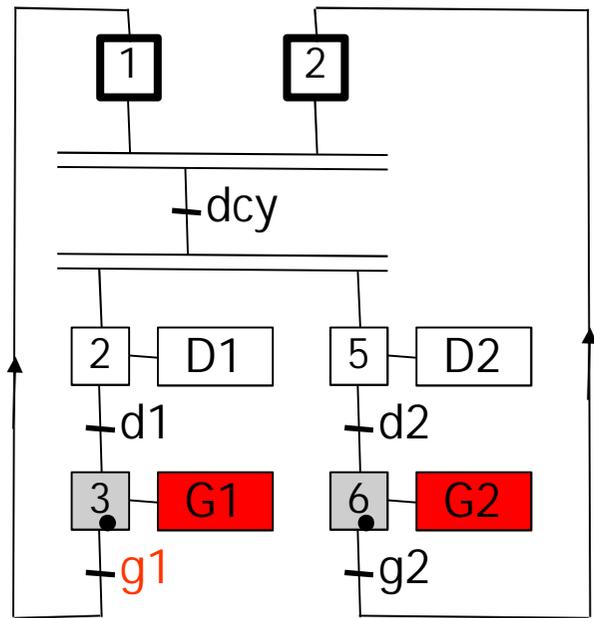


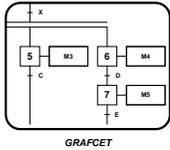
Solution 2



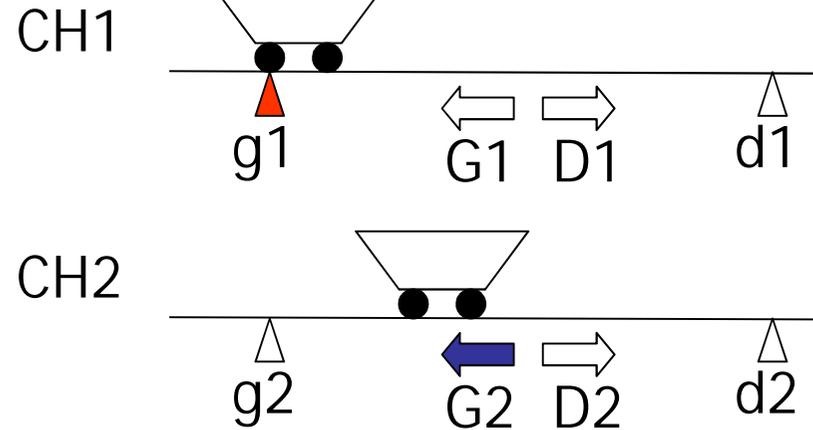
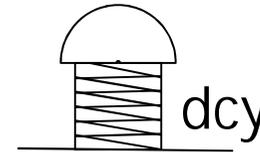
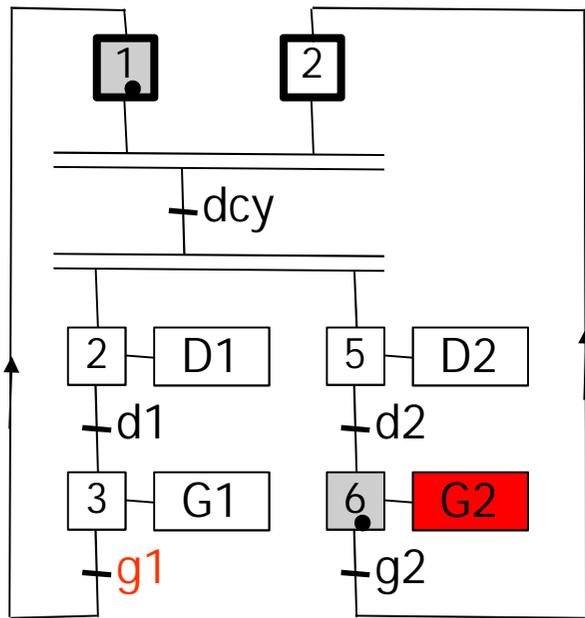


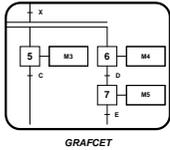
Solution 2



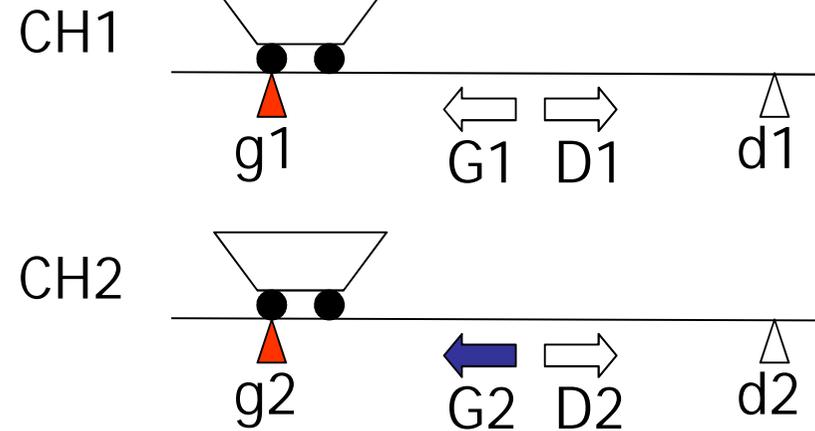
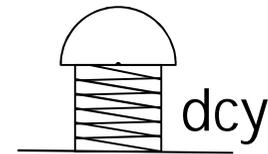
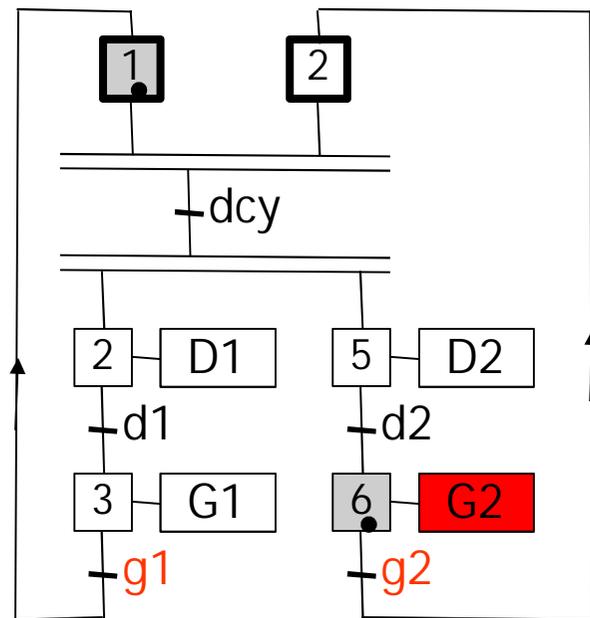


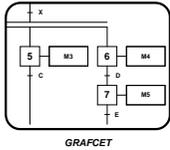
Solution 2



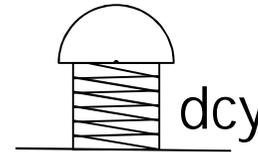
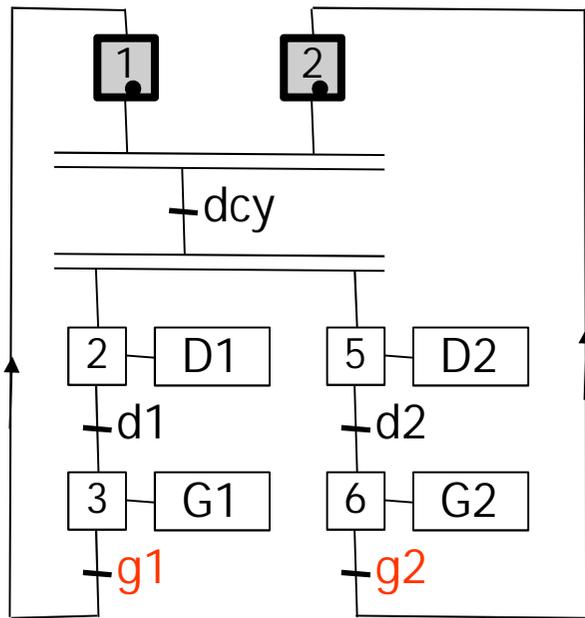


Solution 2

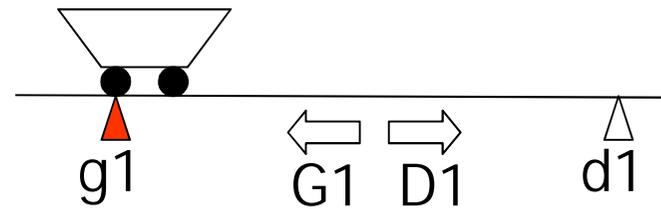




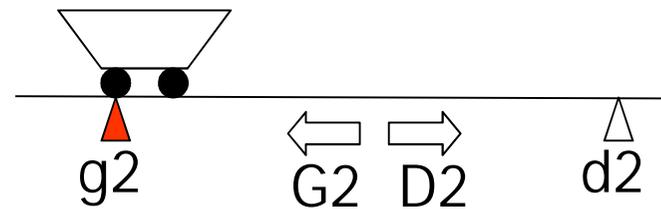
Solution 2

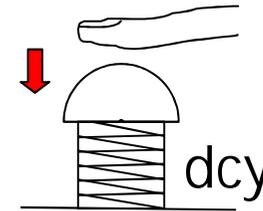
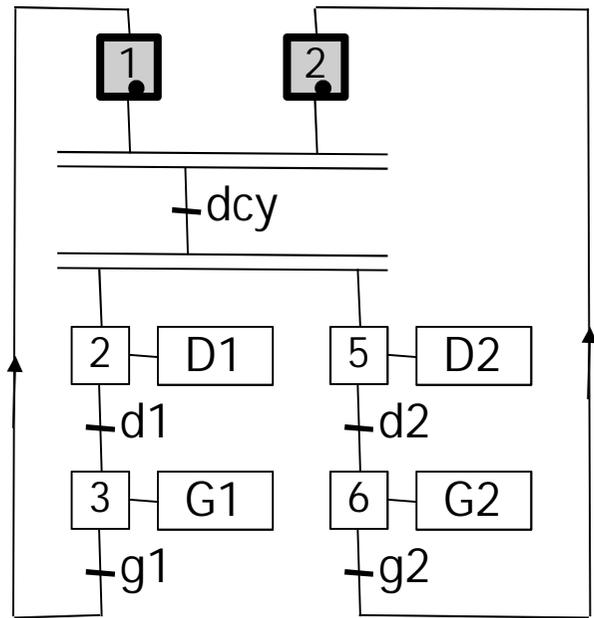
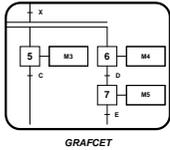


CH1

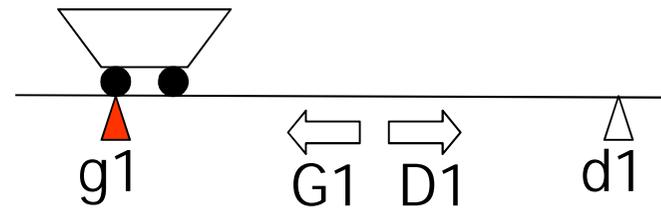


CH2

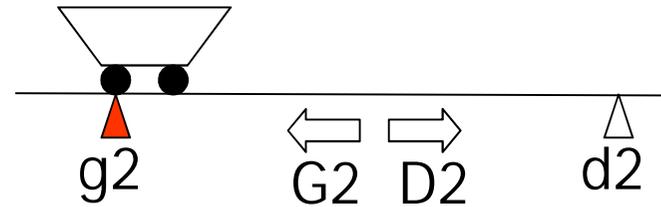


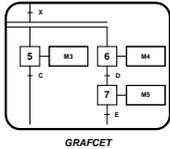


CH1



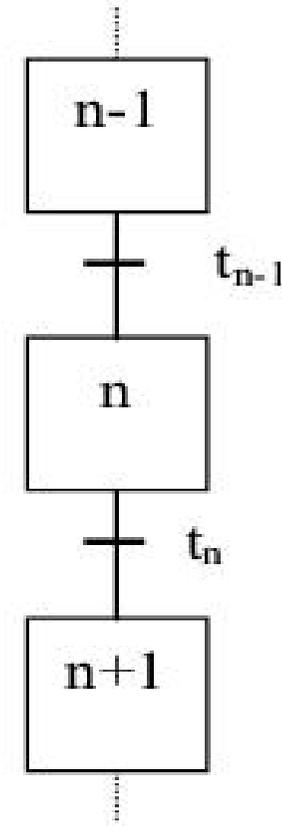
CH2





Mise en équations (1)

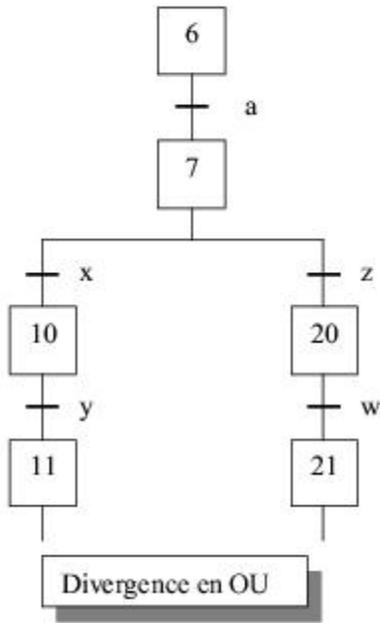
- **Objectif : déterminer équation $X_n = f (?)$**
 - $X_n = 1$ étape *active* (= 0, inactive)
 - $t_n = 1$ réceptivité *vraie* (= 0, fausse)
- **Conditions d'évolutions**
 - **CA** $X_n = X_{n-1} \cdot t_{n-1}$ (**C**ondition **A**ctivation)
 - **CD** $X_n = X_n \cdot t_n$ (**C**ondition **D**ésactivation)
 - CA et CD fausses → effet **mémoire**



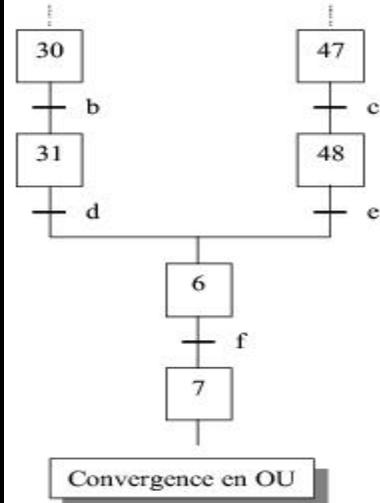
$$X_n = f(\text{CA } X_n, X_n, \text{CD } X_n) = \text{CA } X_n + \overline{\text{CD } X_n} X_n$$

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

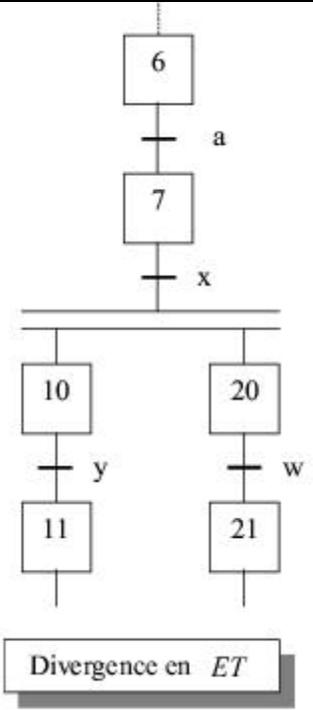
Mise en équations (2) Cas particuliers



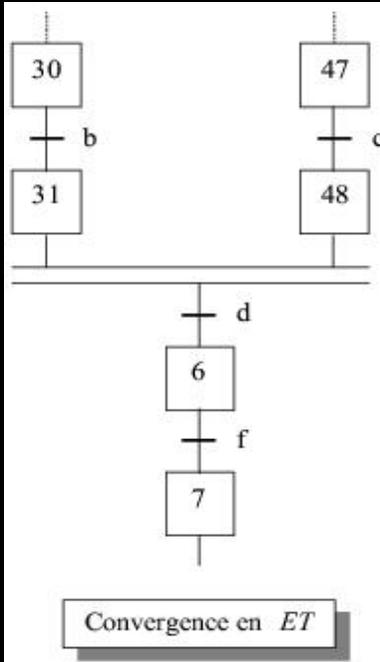
X	CA Xn	CD Xn
7	$X6 \cdot a$	$X10+X20$
10	$X7 \cdot x$	$X11$
20	$X7 \cdot z$	$X21$



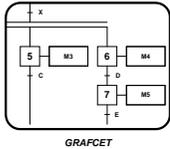
X	CA Xn	CD Xn
31	$X30 \cdot b$	$X6$
48	$X47 \cdot c$	
6	$X31.d+X48.e$	$X7$



X	CA Xn	CD Xn
7	$X6 \cdot a$	$X10.X20$
10	$X7 \cdot x$	$X11$
20		$X21$



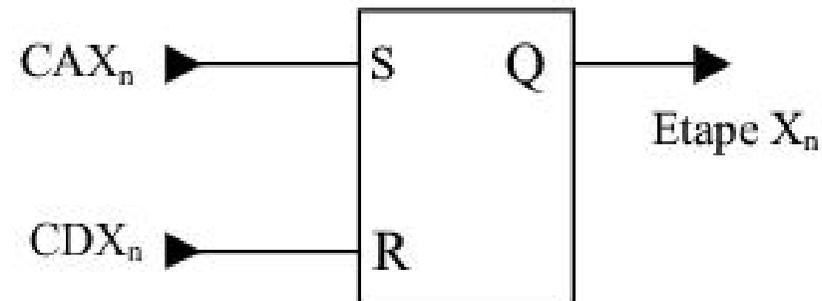
X	CA Xn	CD Xn
31	$X30 \cdot b$	$X6$
48	$X47 \cdot c$	
6	$X31.x48d$	$X7$



RÉALISATION (1) câblage

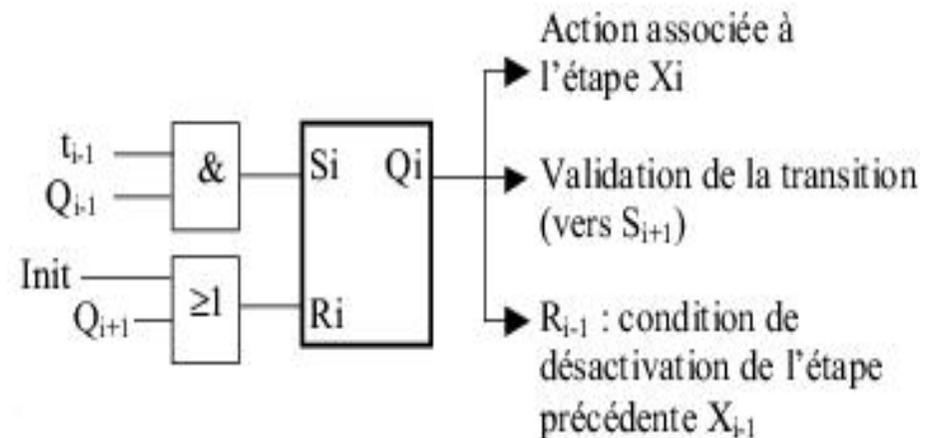
- Utilisation Bascule RS (synchrone)

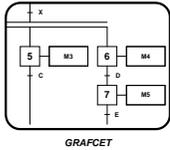
- **CA** $X_n \rightarrow$ SET (S)
- **CD** $X_n \rightarrow$ RESET (R)



- Câblage étape «i»

- **CA** $X_n = Q_{i-1} \cdot t_{i-1}$
- **CD** $X_n = Q_{i+1} \cdot \text{Init}$

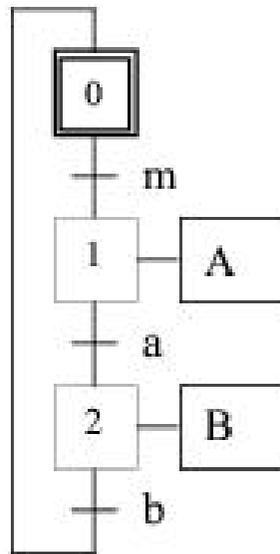




Automatisme **RÉALISATION (2)**

Grafcet- 168

Exemple : équations & câblage



X_n	CA X_n	CD X_n
0	$X_2 \cdot b + \text{Init}$	$X_1 \cdot \overline{\text{Init}}$
1	$X_0 \cdot m \cdot \overline{\text{Init}}$	$X_2 + \text{Init}$
2	$X_1 \cdot a \cdot \overline{\text{Init}}$	$X_0 + \text{Init}$

