

CONDUCTEUR D'INSTALLATION ET DE MACHINES AUTOMATISÉES (CIMA)

LE GRAFCET

Initiation

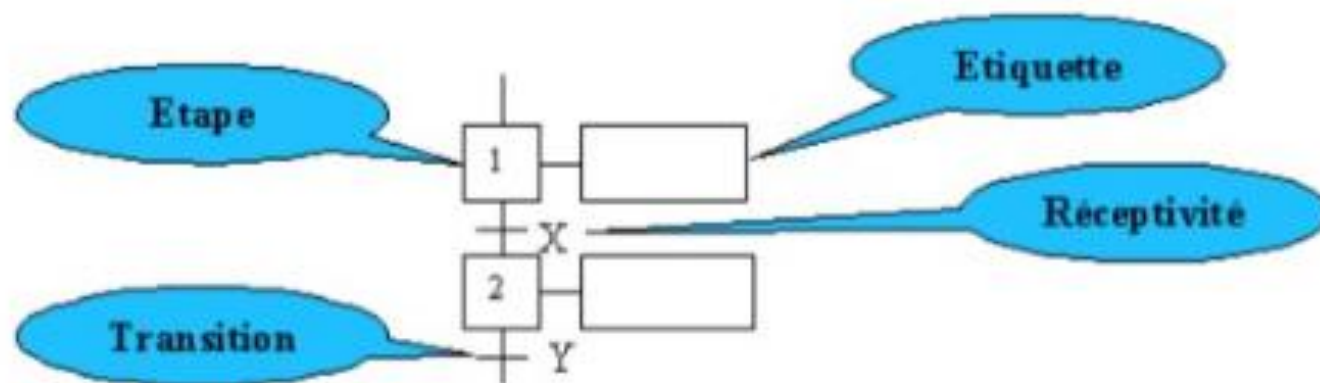
INTRODUCTION

- La création d'une machine automatisée nécessite un dialogue entre le client qui définit le cahier des charges (qui contient les besoins et les conditions de fonctionnement de la machine) et le constructeur qui propose des solutions.
- Ce dialogue n'est pas toujours facile : le client ne possède peut-être pas la technique lui permettant de définir correctement son problème.
- D'autre part, le langage courant ne permet pas de lever toutes les ambiguïtés dues au fonctionnement de la machine (surtout si des actions doivent se dérouler simultanément).
- C'est pourquoi l'**ADEPA** (*Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie*) a créé le **GRAF CET**.

DÉFINITION

- Le GRAFCET (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande des **é**tapes et **T**ransitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges.
- Il a été proposé par l'ADEPA (en 1977 et normalisé en 1982 par la NF C03-190).

Le GRAFCET est une représentation alternée d'**étapes** et de **transitions**. Une seule transition doit séparer deux étapes.



Une **étape** correspond à une situation dans laquelle les variables de sorties conservent leur état.

Une **transition** indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives. A chaque transition est associée une condition logique appelée **réceptivité**.

RÈGLES DE SYNTAXE

Règle N°1 : situation initiale



Cette représentation indique que l'étape est initialement activée (à la mise sous tension de la partie commande).

La situation initiale, choisie par le concepteur, est la **situation à l'instant initial.**

Règle N°2 :

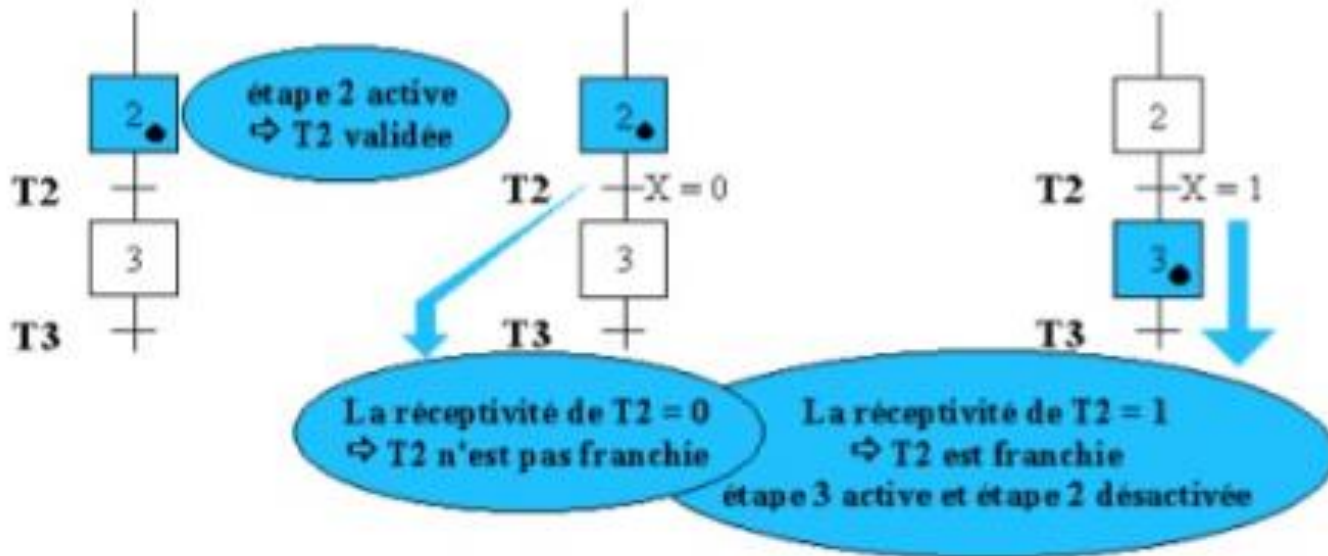
franchissement d'une transition

Une transition est **franchie** lorsque l'étape associée est **active** et la **réceptivité** associée à cette transition est **vraie**.

Règle N°3 :

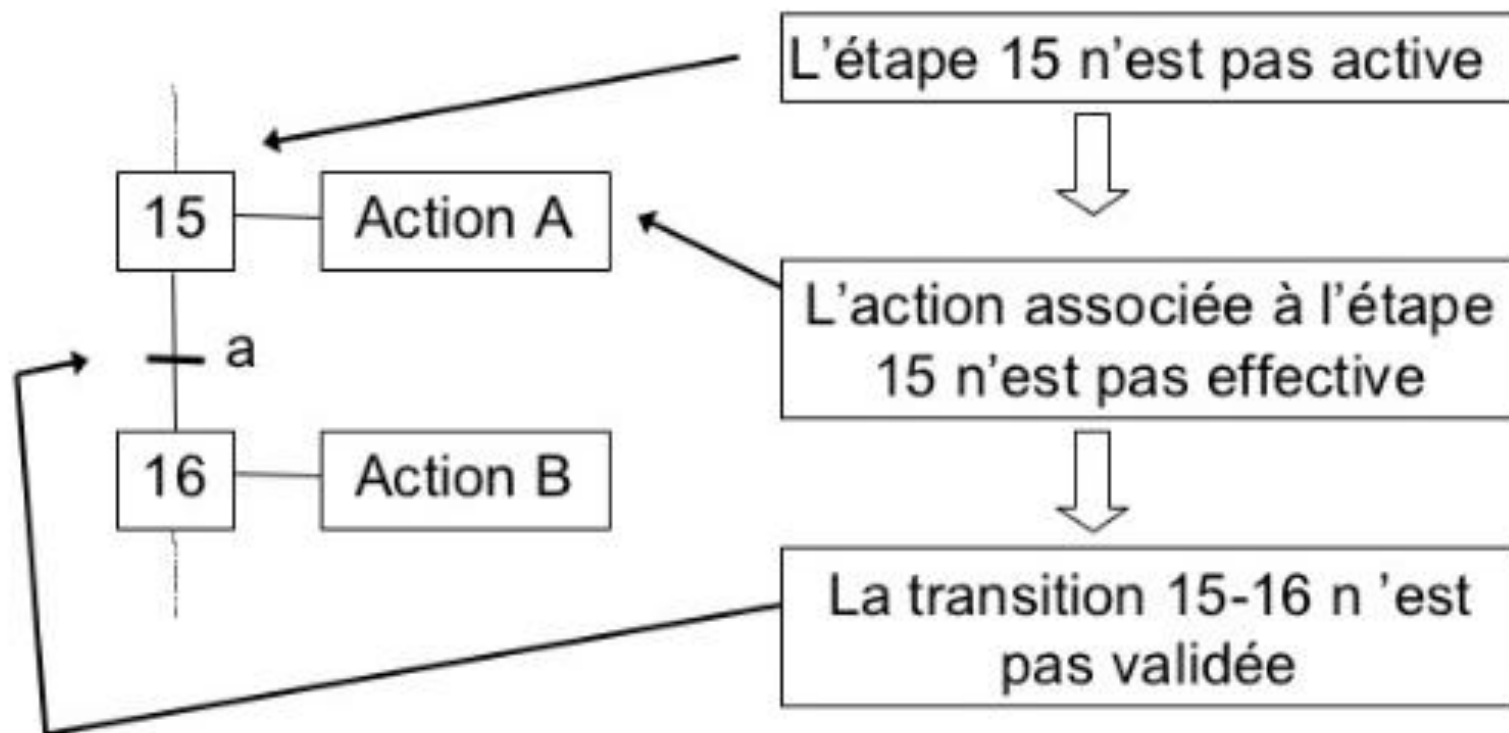
Evolution des étapes actives

- Le franchissement d'une transition provoque simultanément :
 - la **désactivation** de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition,
 - l'**activation** de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.

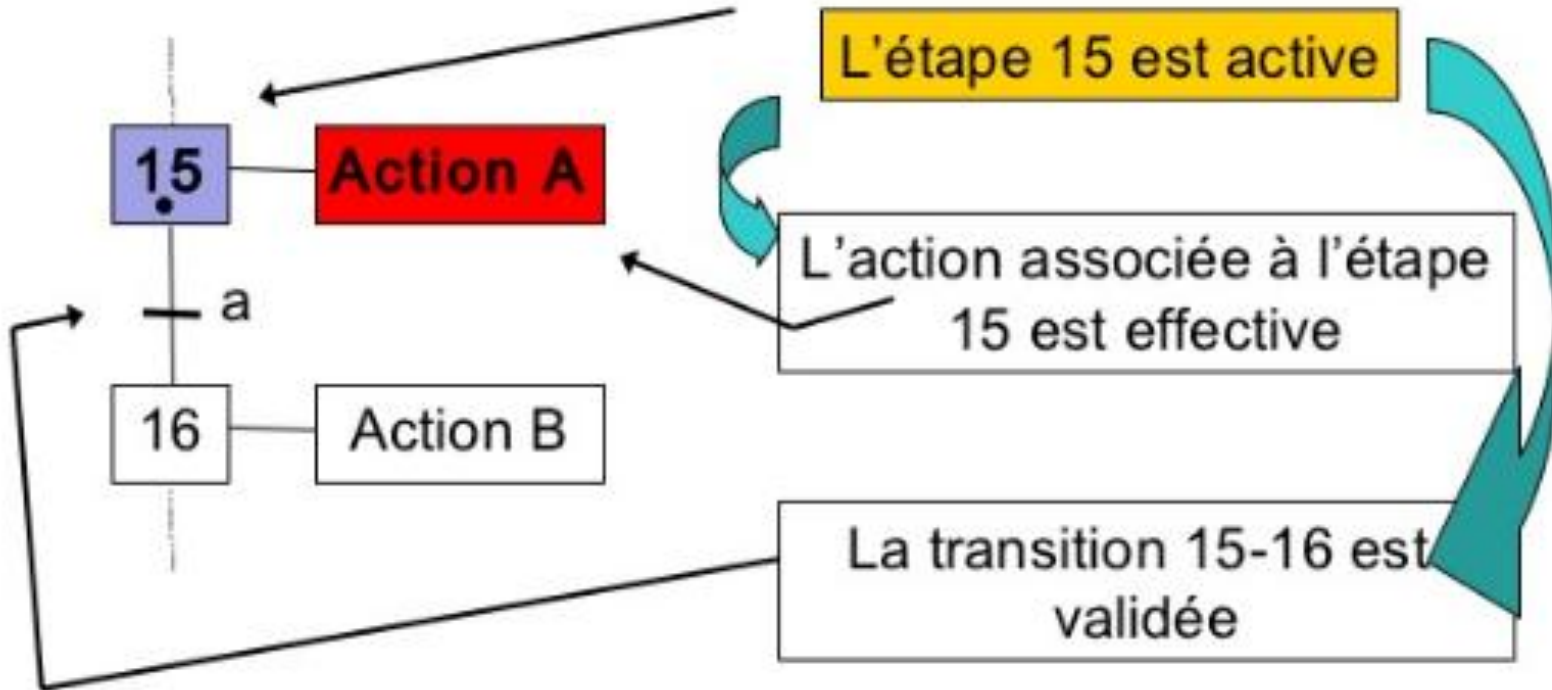


Principe d'évolution

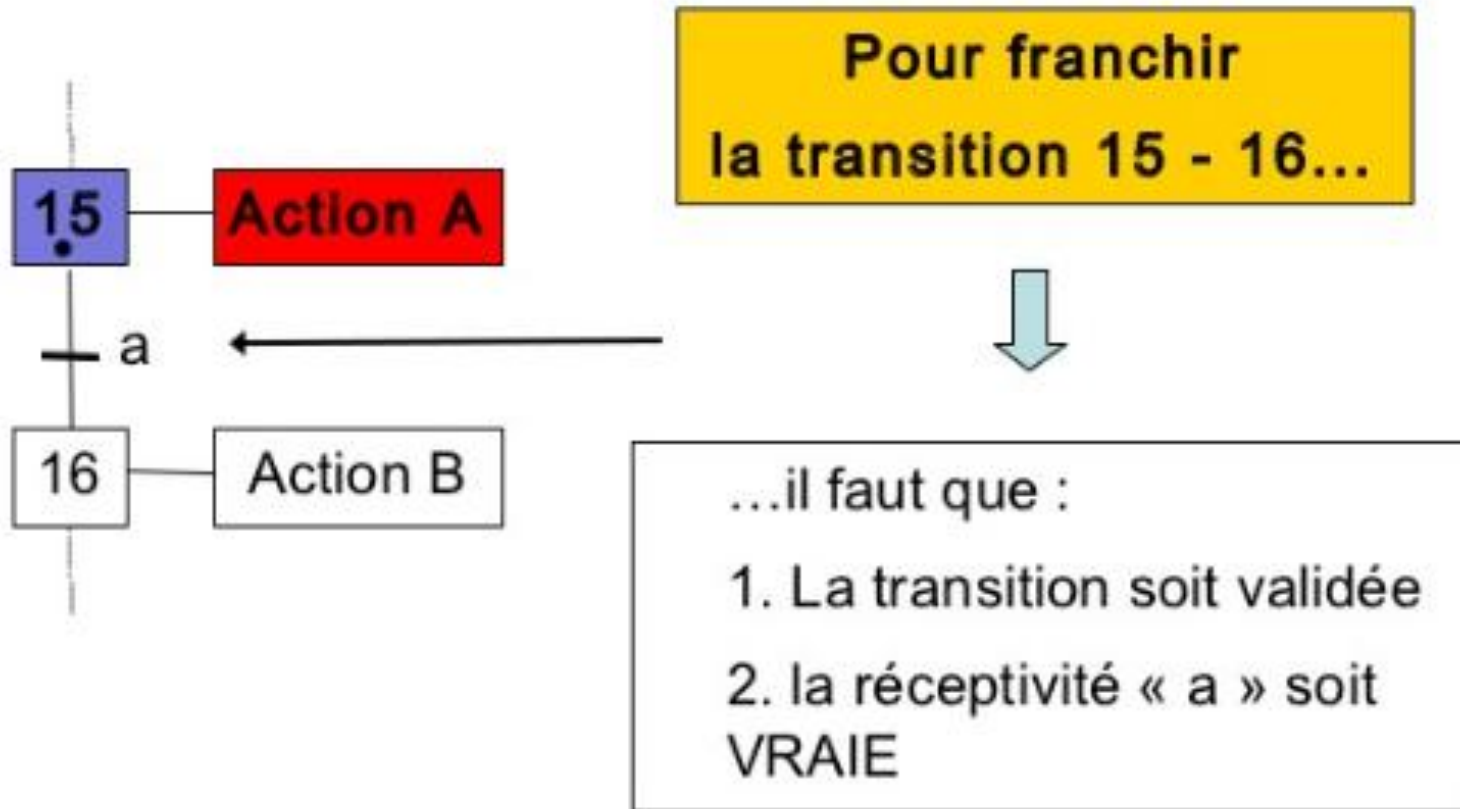
illustration : franchissement d'une transition



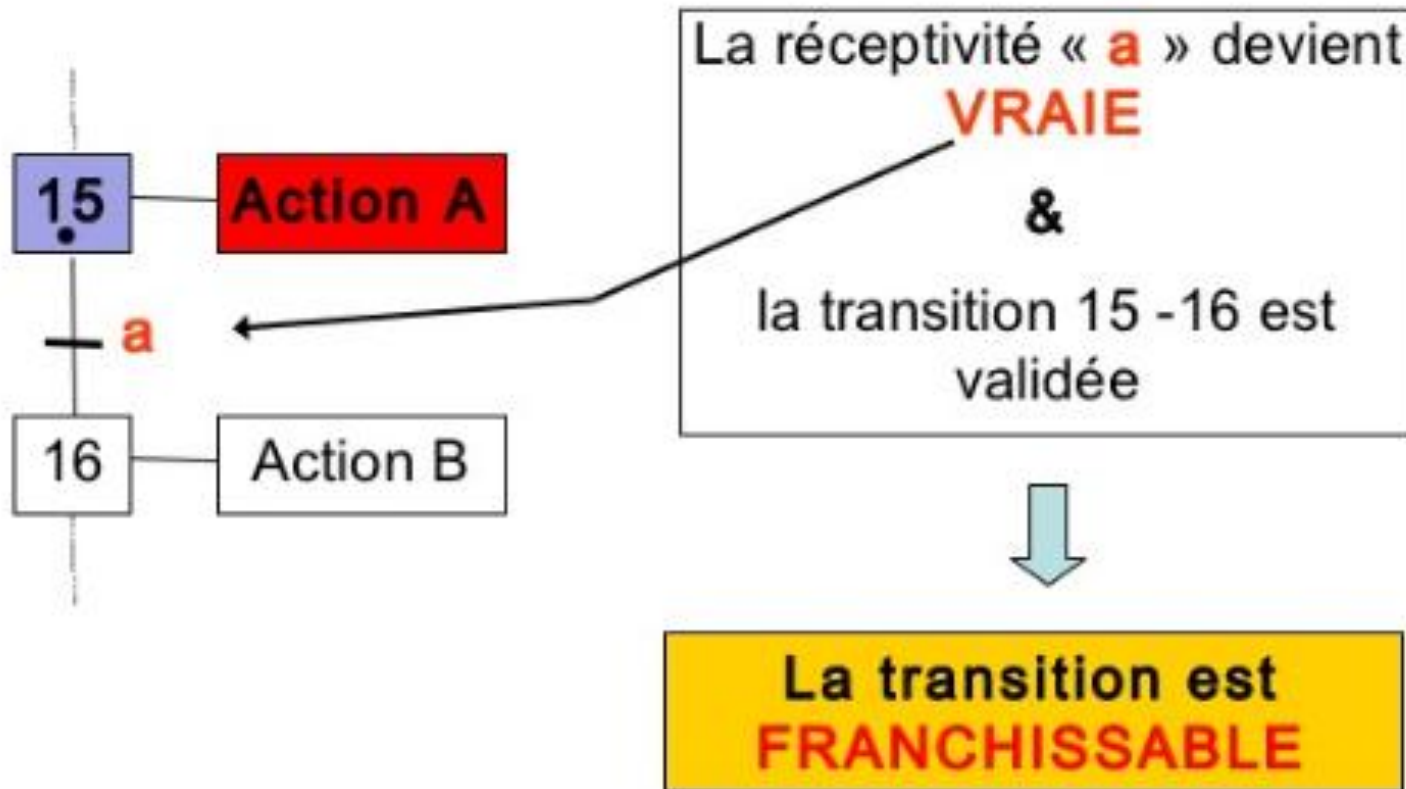
Principe d'évolution



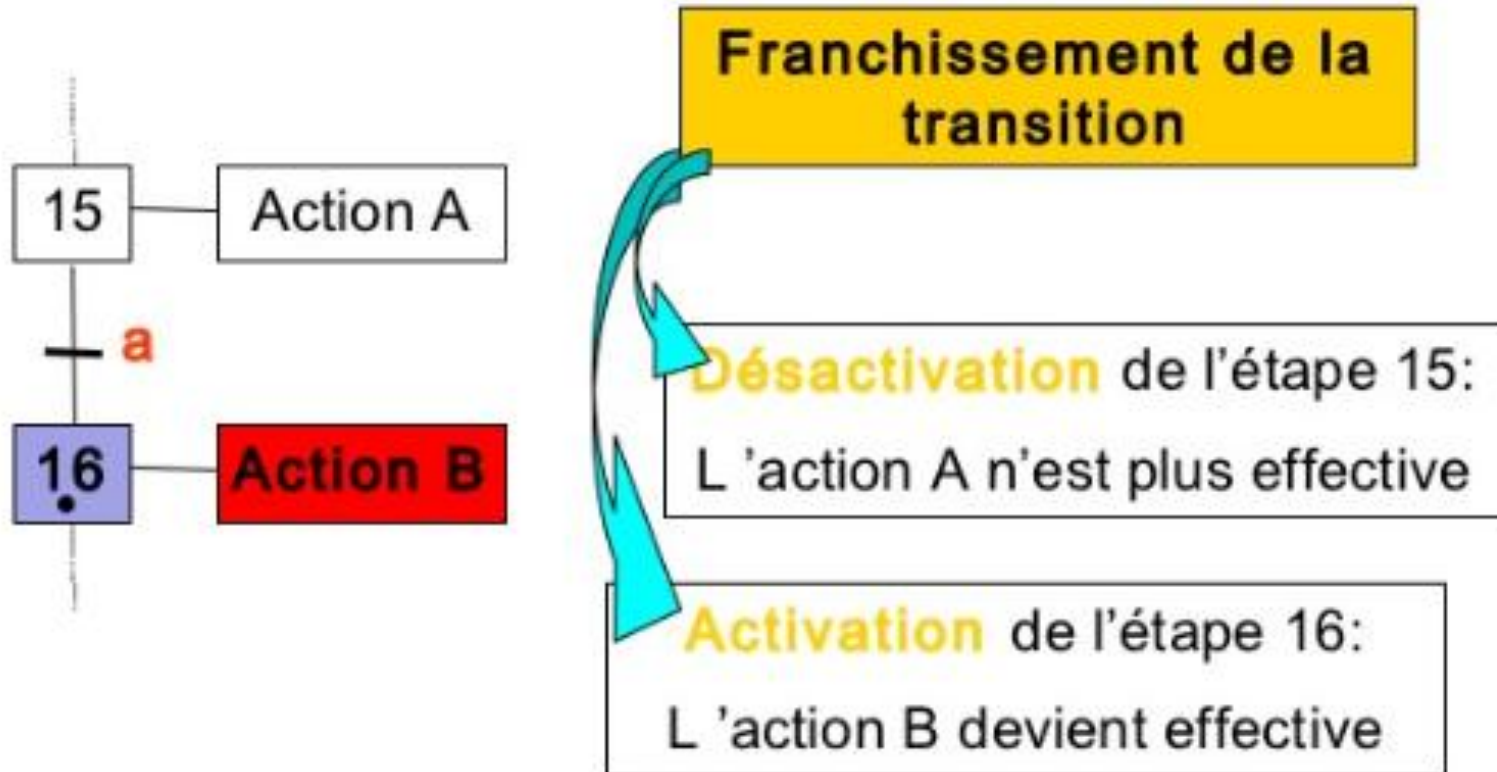
Principe d'évolution



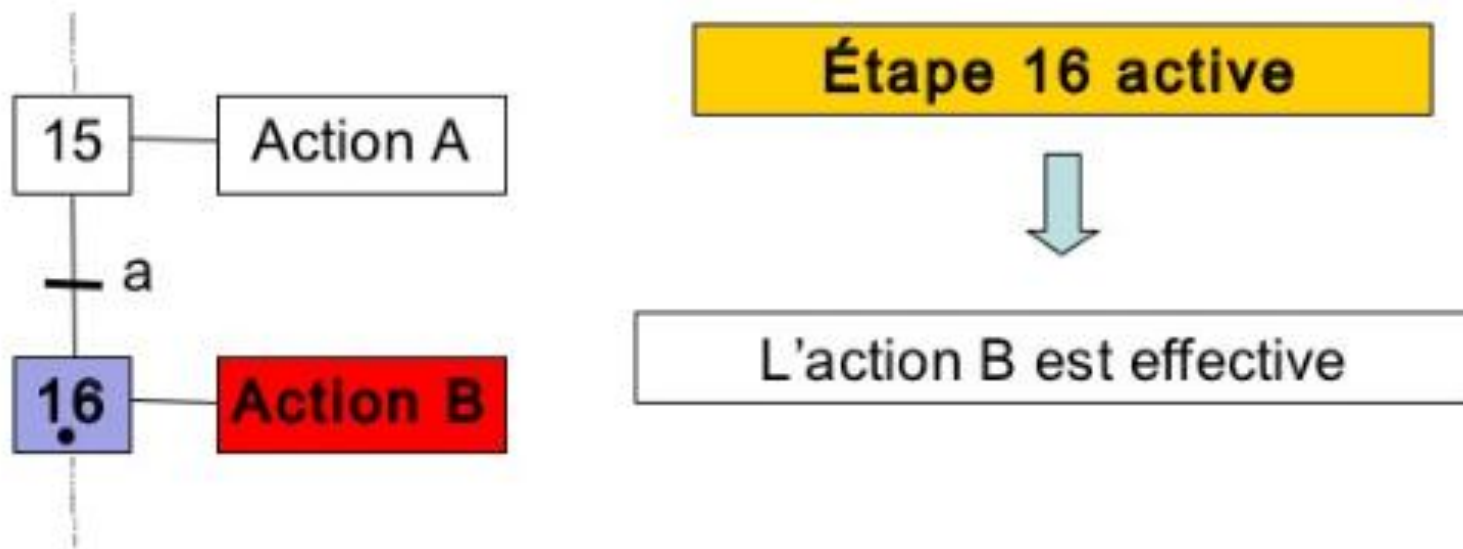
Principe d'évolution



Principe d'évolution

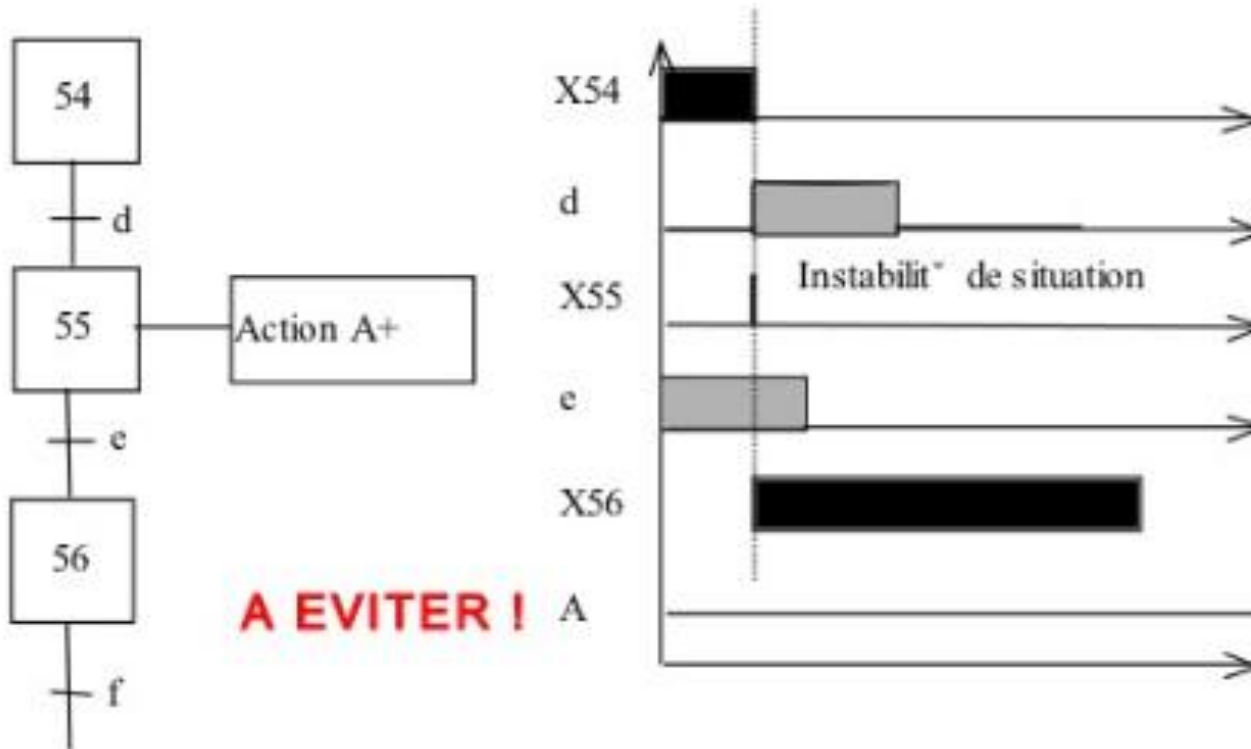


Principe d'évolution



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

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

Règle N°4 :

transitions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

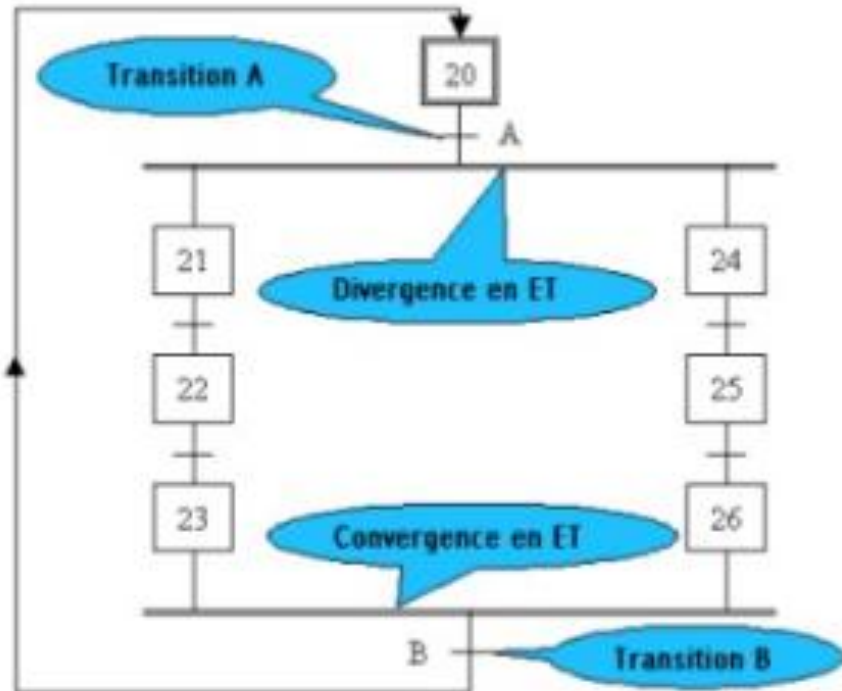
Règle N°5 :

activation et désactivation simultanées

Une étape à la fois activée et désactivée
reste active.

STRUCTURES DE BASE

Divergence et convergence en ET (séquences simultanées)



Divergence en ET : lorsque la transition A est franchie, les étapes 21 et 24 sont actives.

Convergence en ET : la transition B sera validée lorsque les étapes 23 et 26 seront actives. Si la réceptivité associée à cette transition est vraie, alors celle-ci est franchie.

REMARQUES :

Après une divergence en ET, on trouve une convergence en ET.

Le nombre de branches parallèles peut-être supérieur à 2.

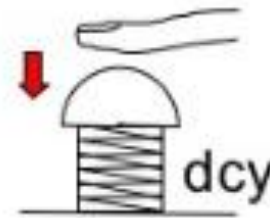
La réceptivité associée à la convergence peut-être de la forme $= 1$. Dans ce cas la transition est franchie dès qu'elle est active.

Exemple avec branchement ET (fonctionnement parallèle)

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.



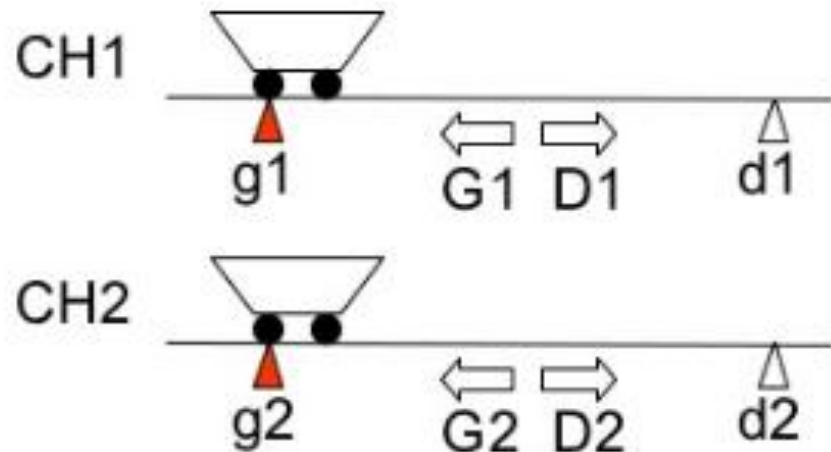
CH1, CH2 : chariot 1, 2

g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »



CH1, CH2 : chariot 1, 2

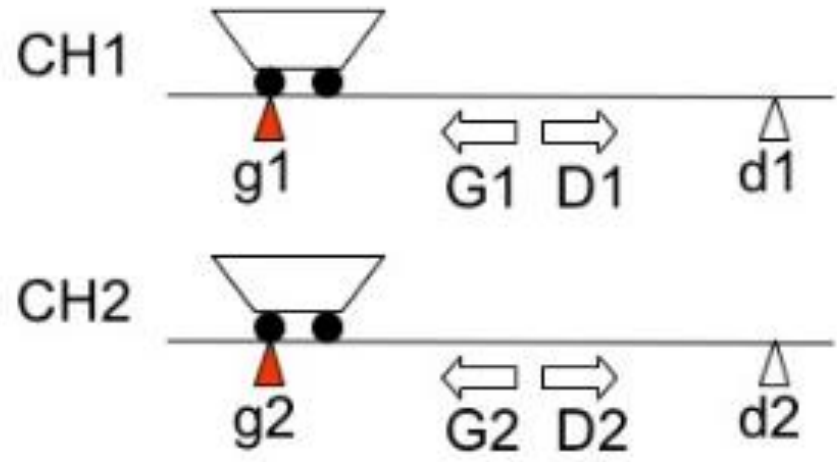
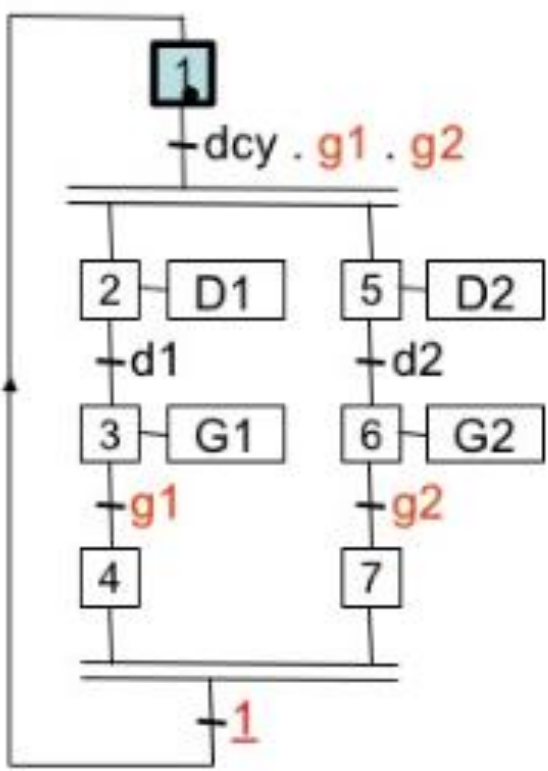
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

Solution 1



CH1, CH2 : chariot 1, 2

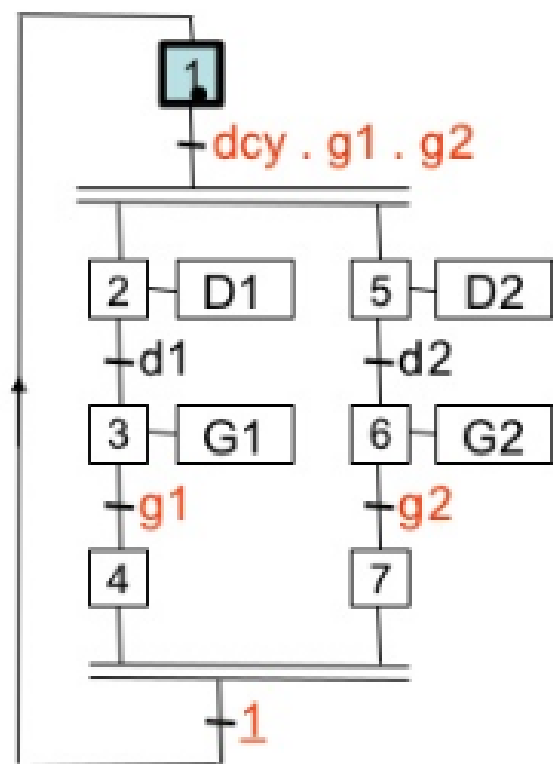
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

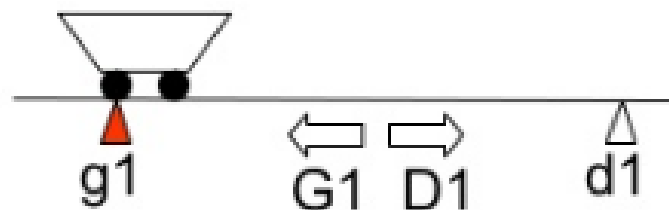
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

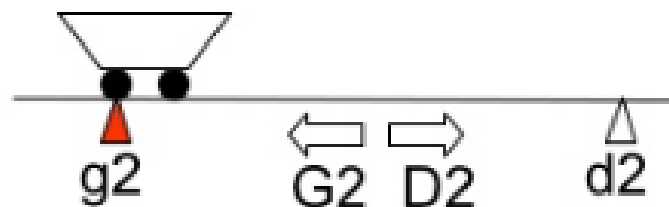
Solution 1



CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

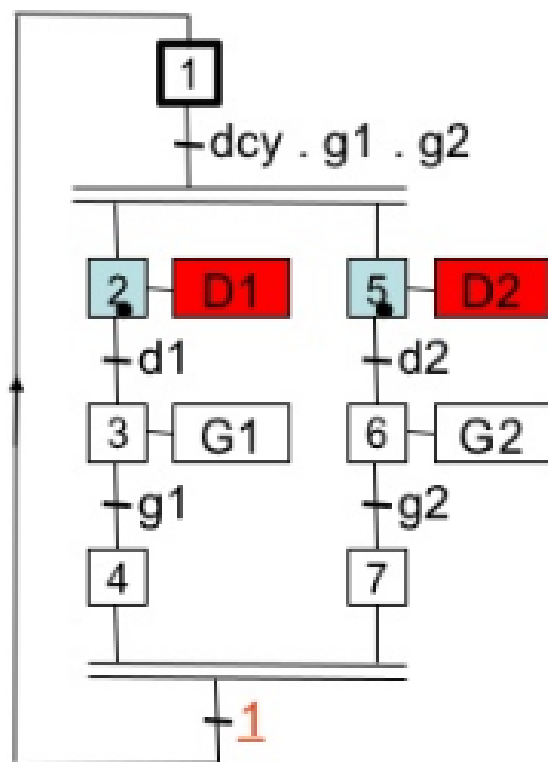
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

Solution 1



CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

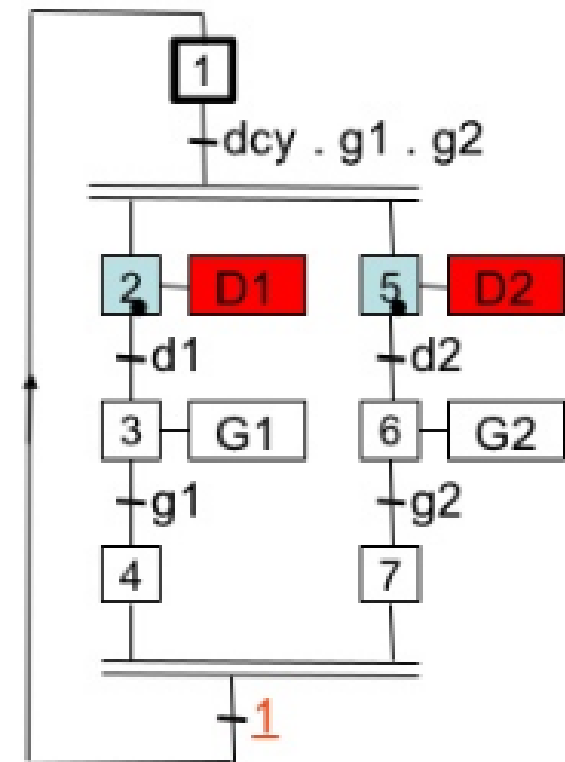
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

Solution 1



CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

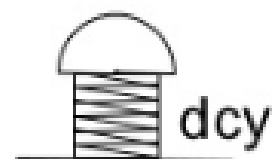
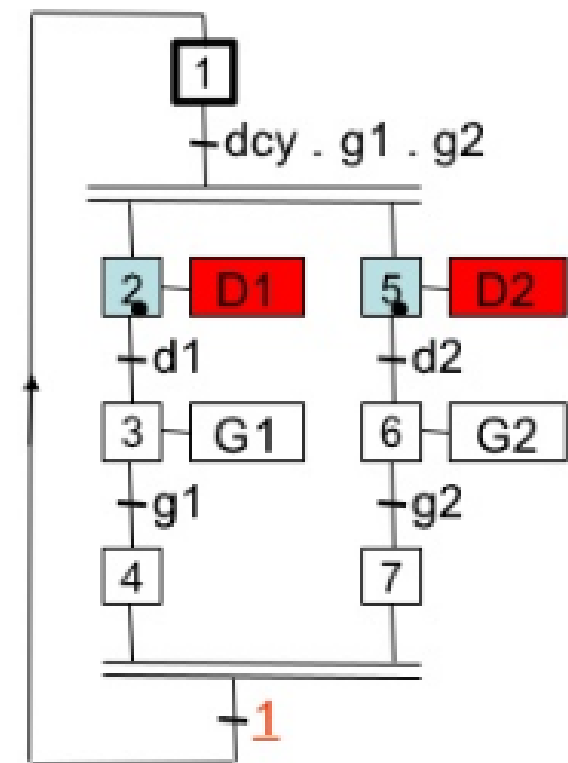
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

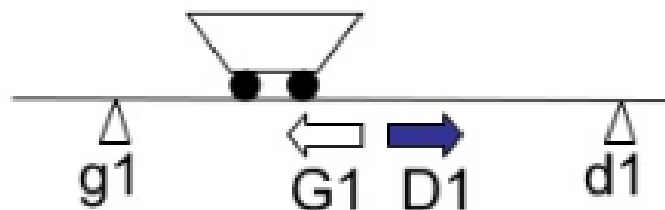
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

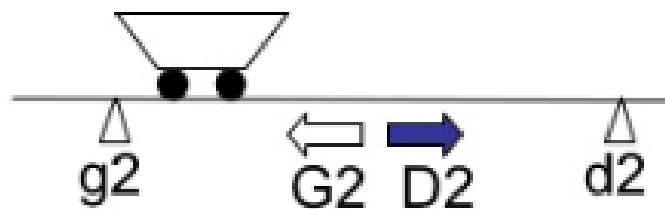
Solution 1



CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

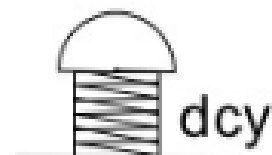
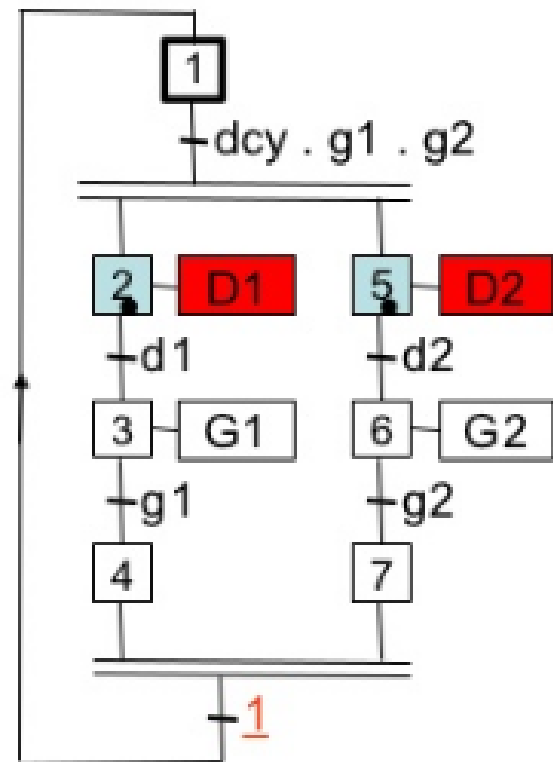
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

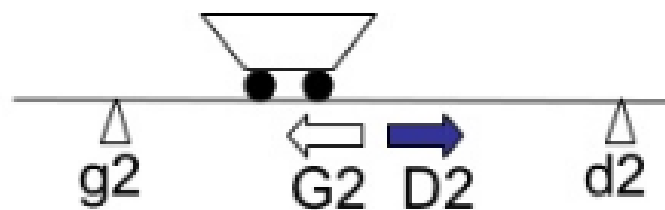
Solution 1



CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

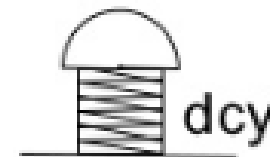
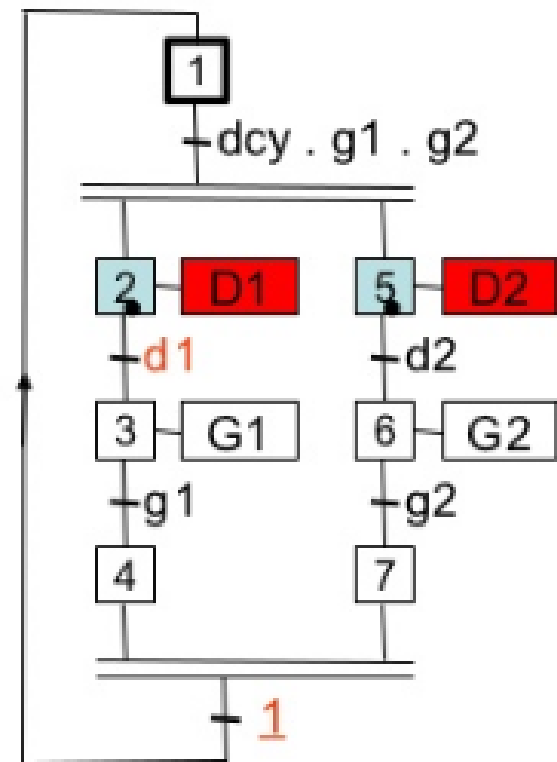
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

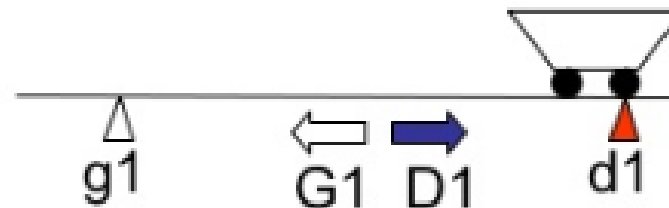
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

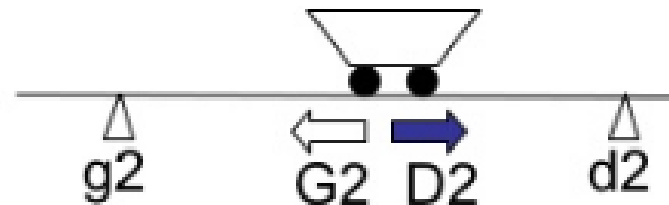
Solution 1



CH1



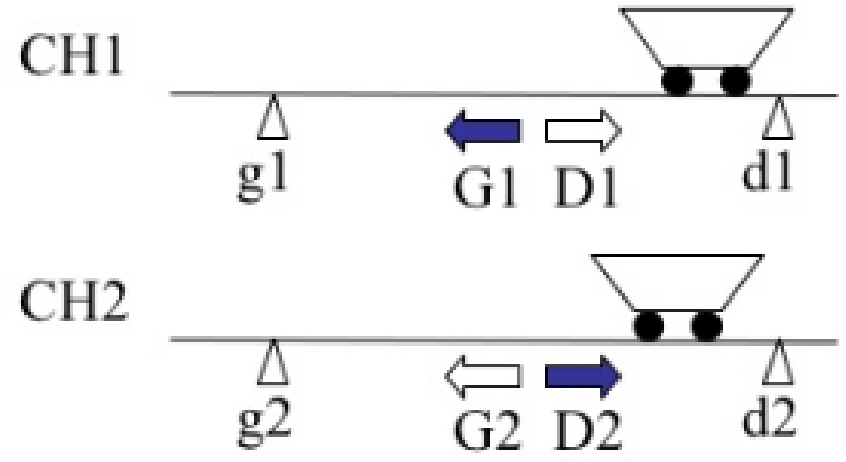
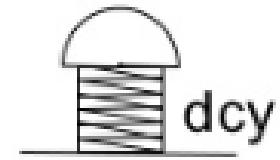
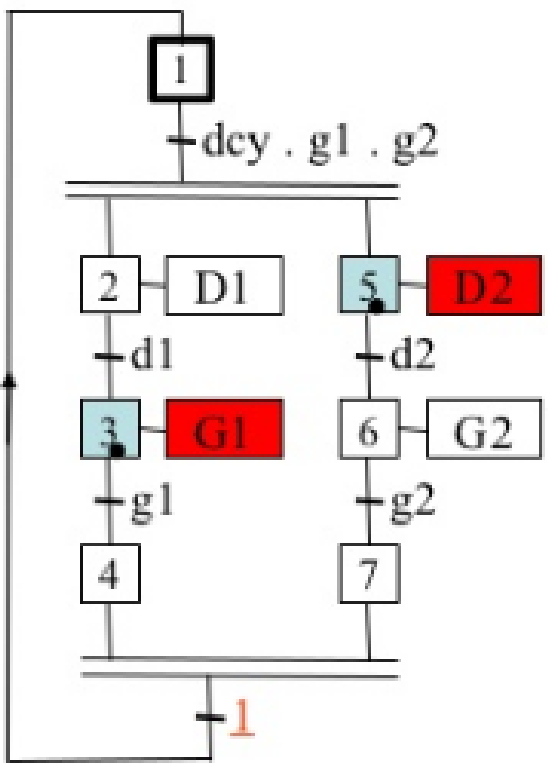
CH2



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 : chariot 1, 2

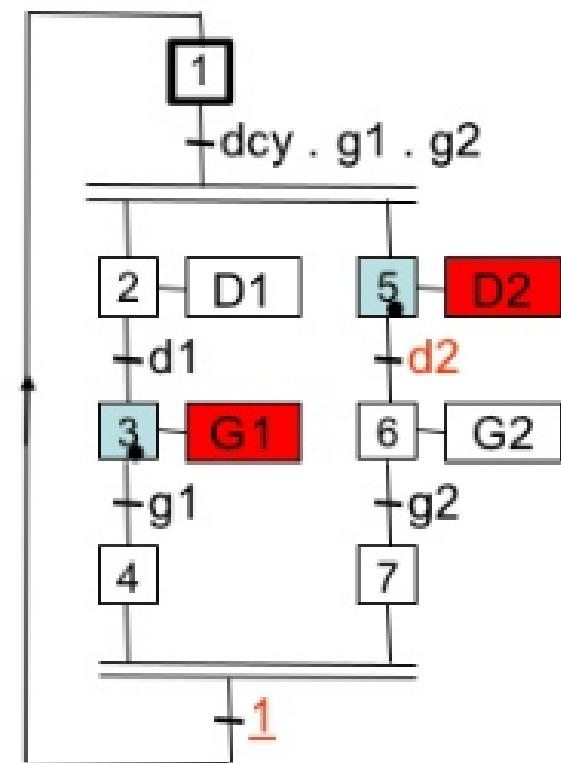
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

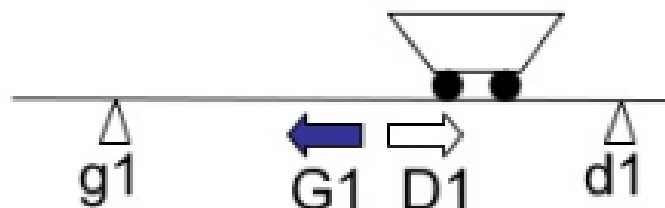
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

Solution 1



CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

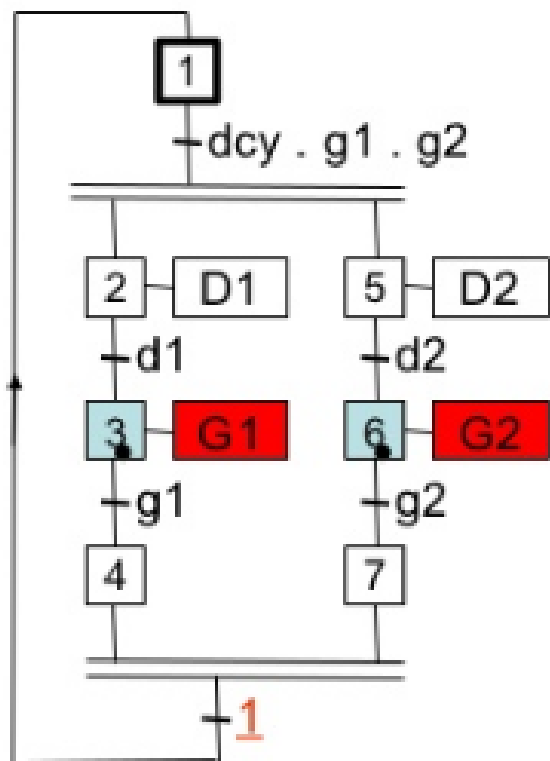
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

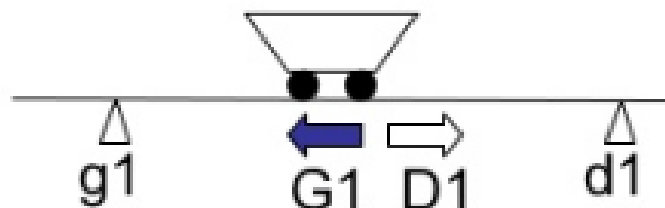
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

Solution 1



CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

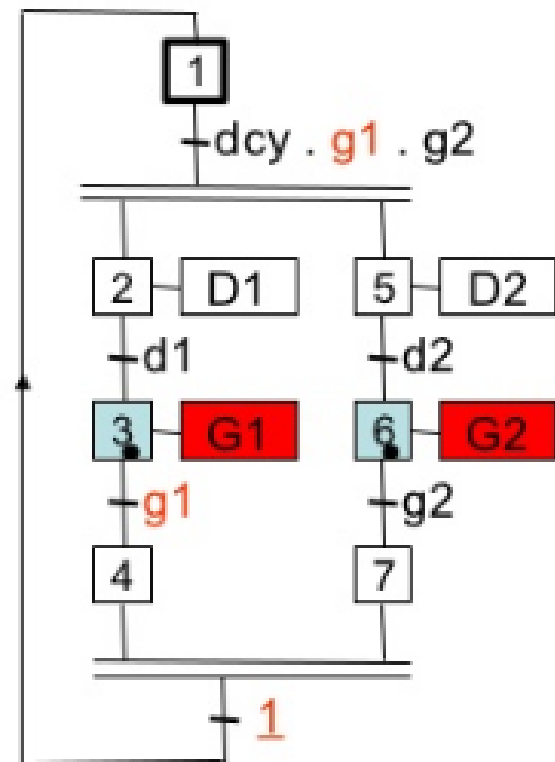
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

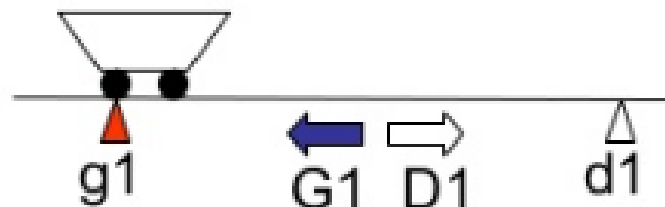
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

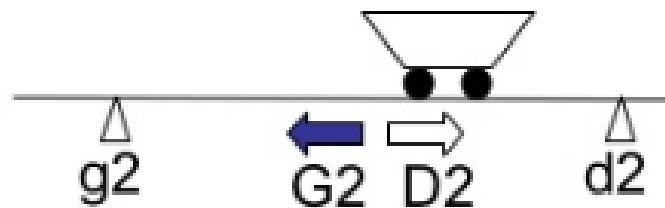
Solution 1



CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

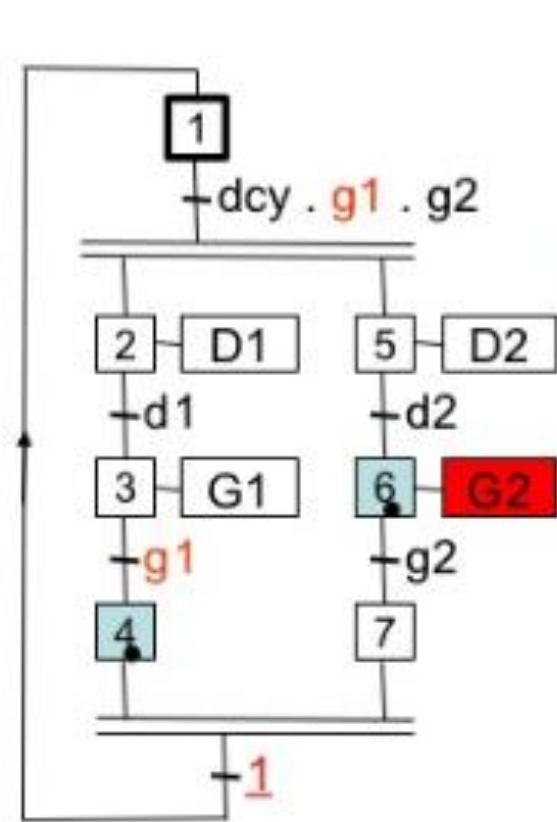
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

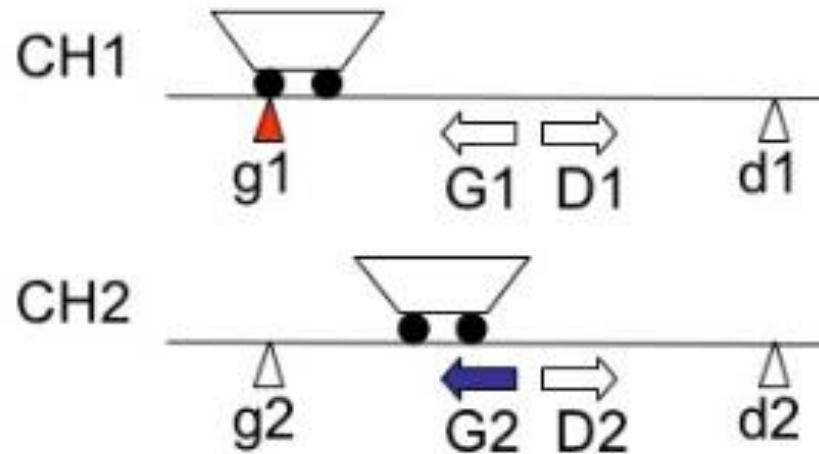
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

Solution 1



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



CH1, CH2 : chariot 1, 2

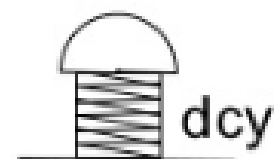
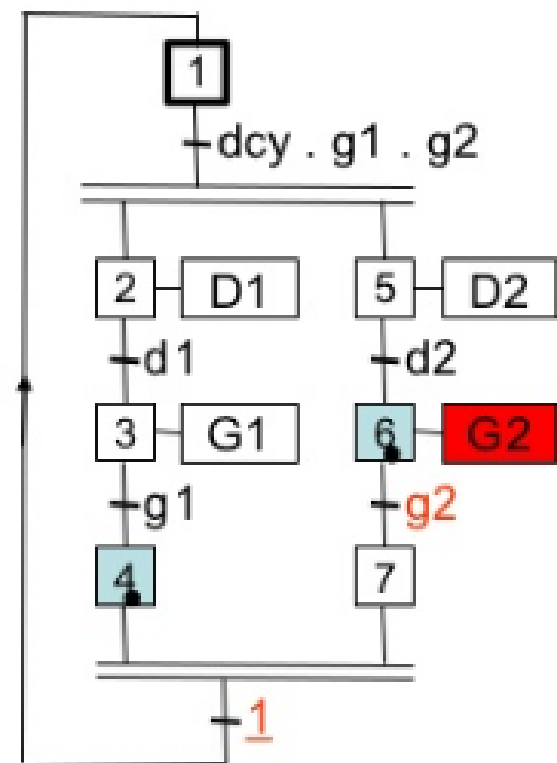
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

Solution 1



CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

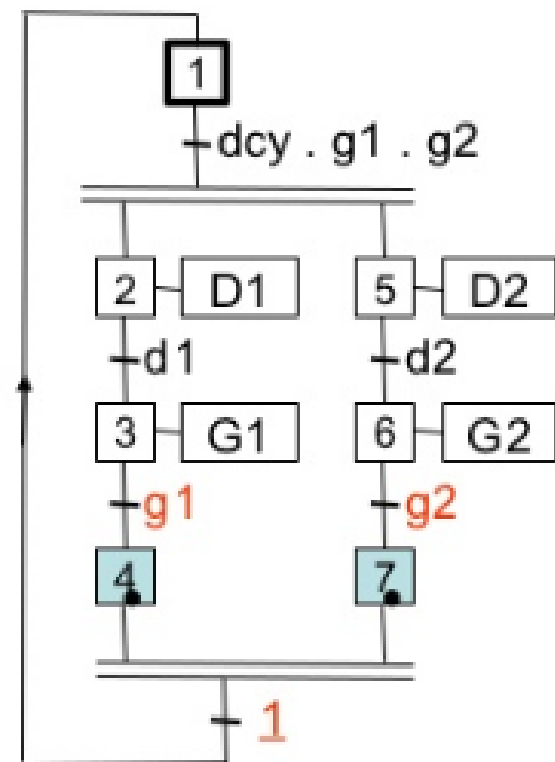
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

Solution 1



Étapes 4 & 7 actives ⇒ Synchronisation

CH1



CH2



CH1, CH2 : chariot 1, 2

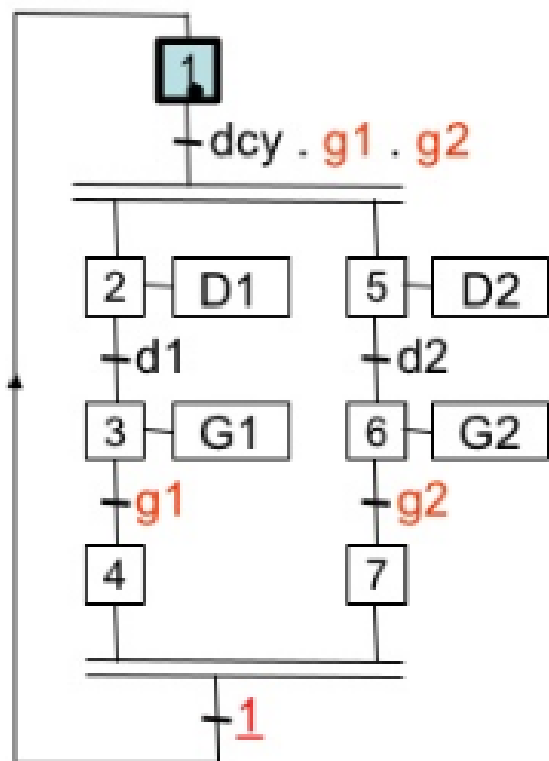
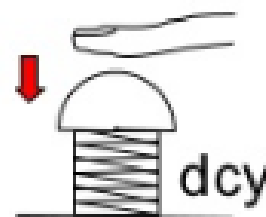
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

Solution 1



CH1



CH2



Autre solution

CH1, CH2 : chariot 1, 2

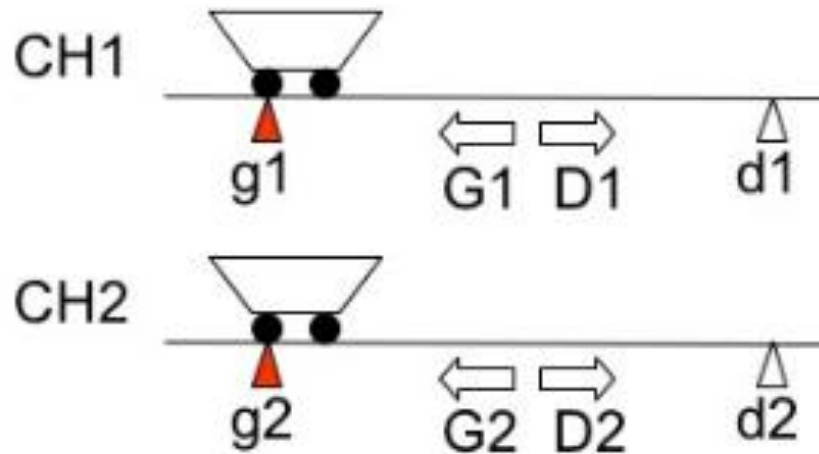
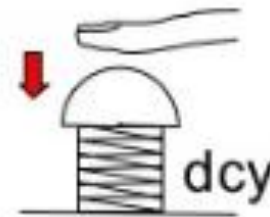
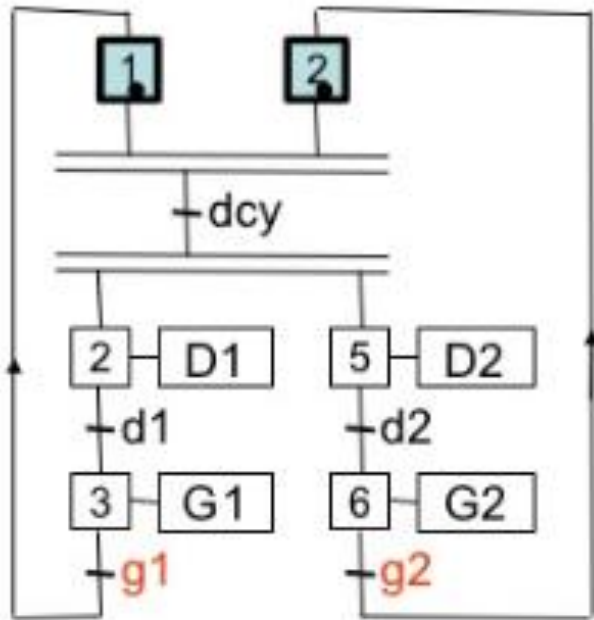
g : capteur « position gauche »

d : capteur « position droite »

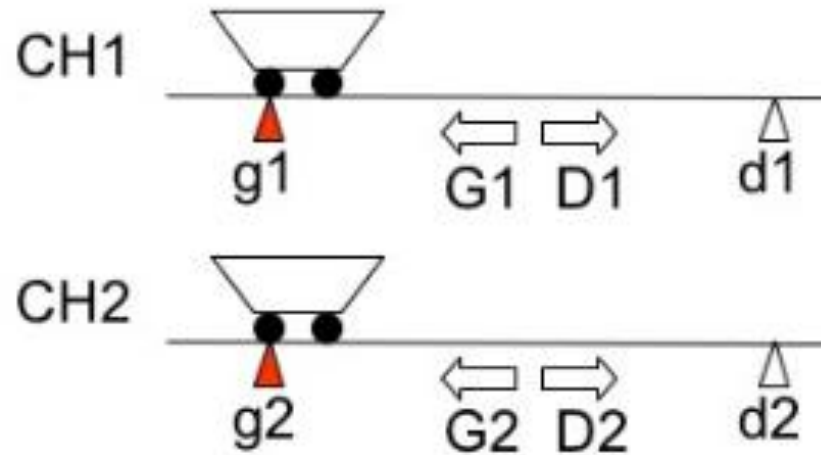
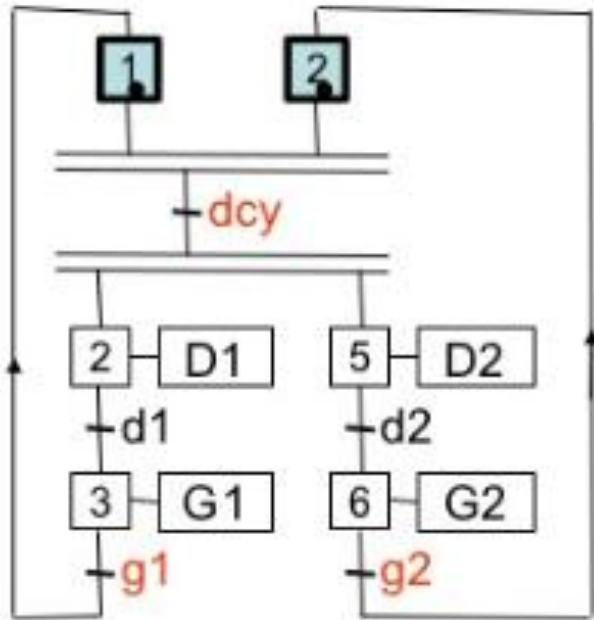
G : action « aller à gauche »

D : action « aller à droite »

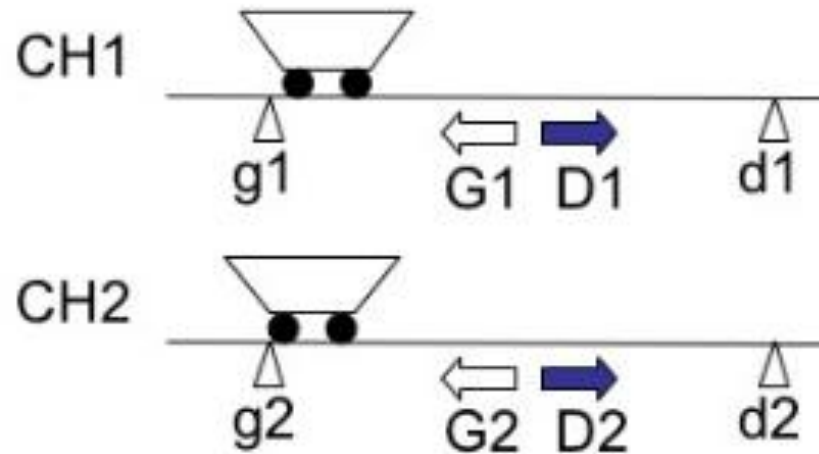
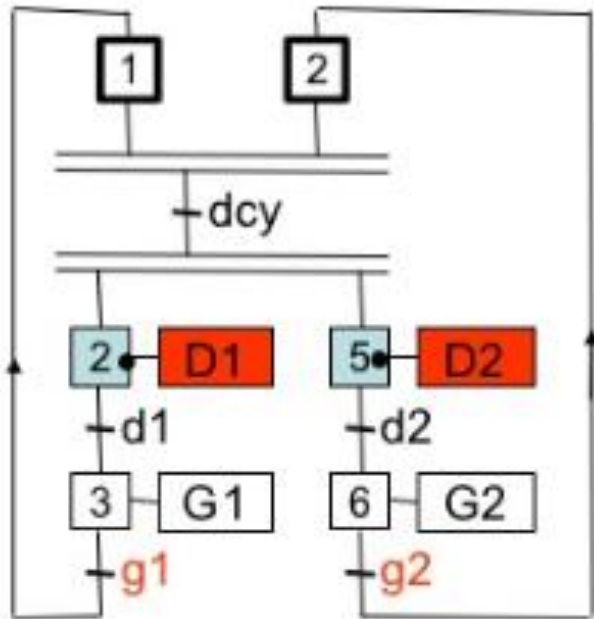
Solution 2



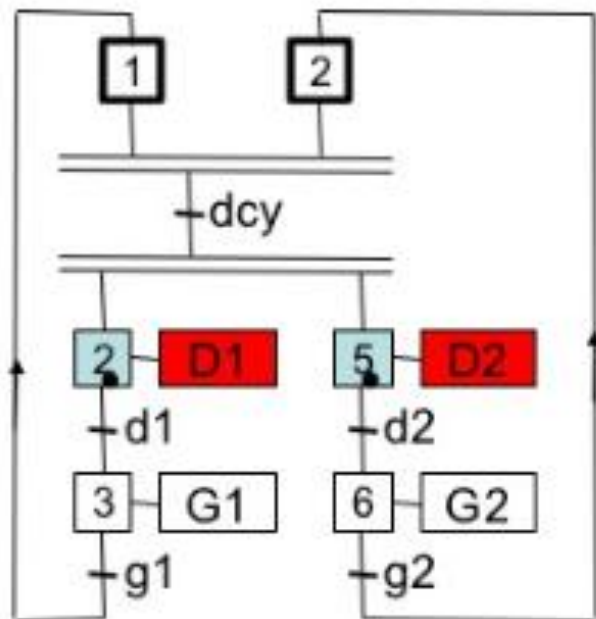
Solution 2



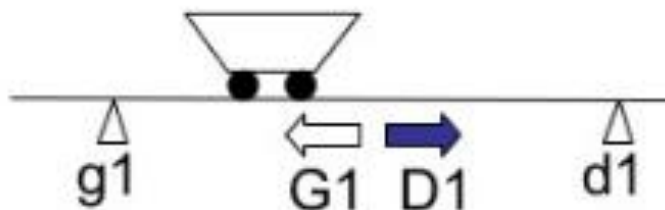
Solution 2



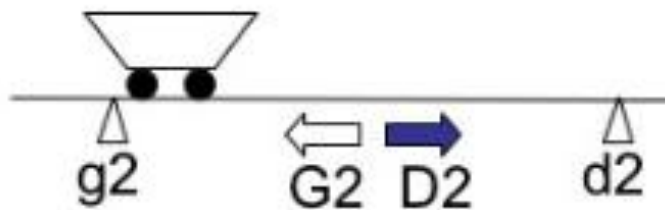
Solution 2

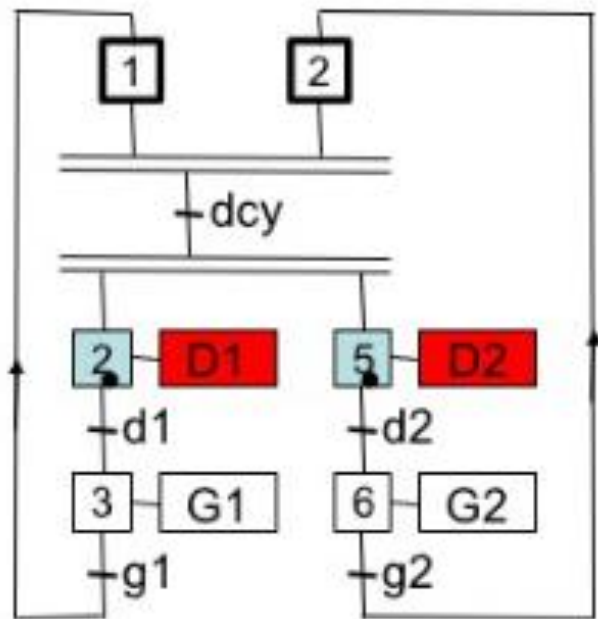


CH1

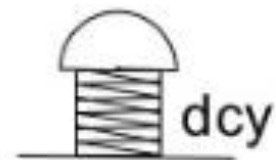


CH2

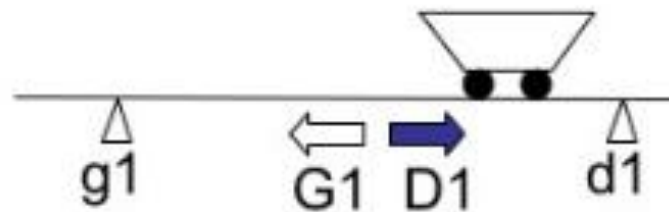




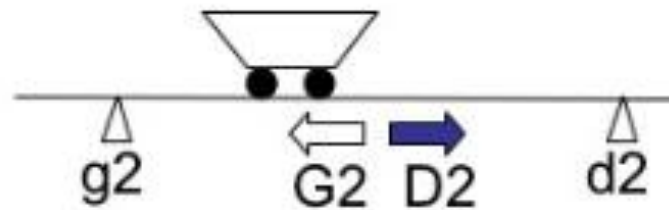
Solution 2



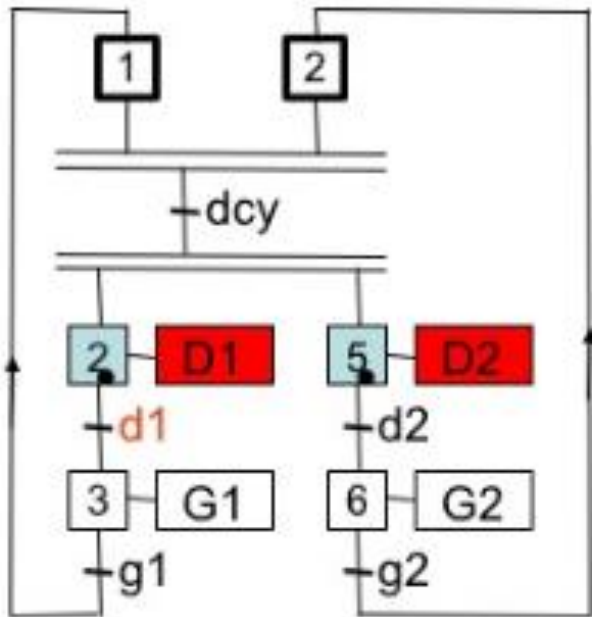
CH1



CH2



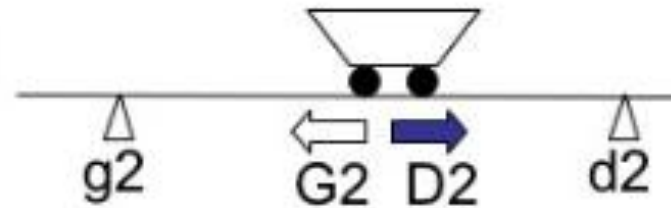
Solution 2



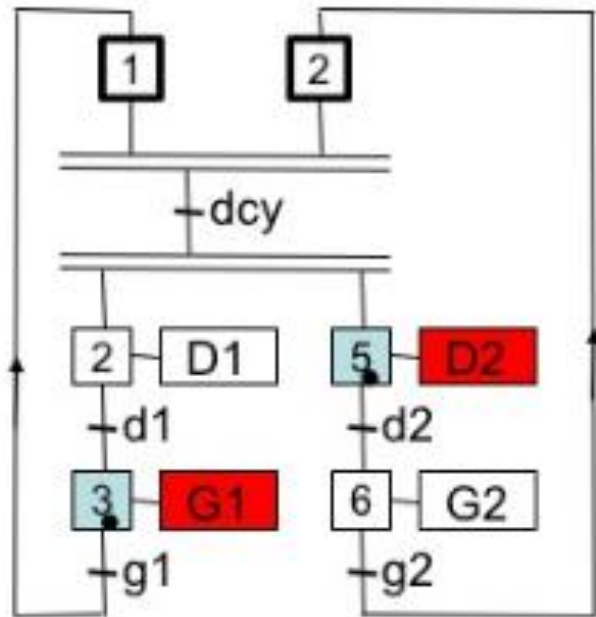
CH1



CH2



Solution 2

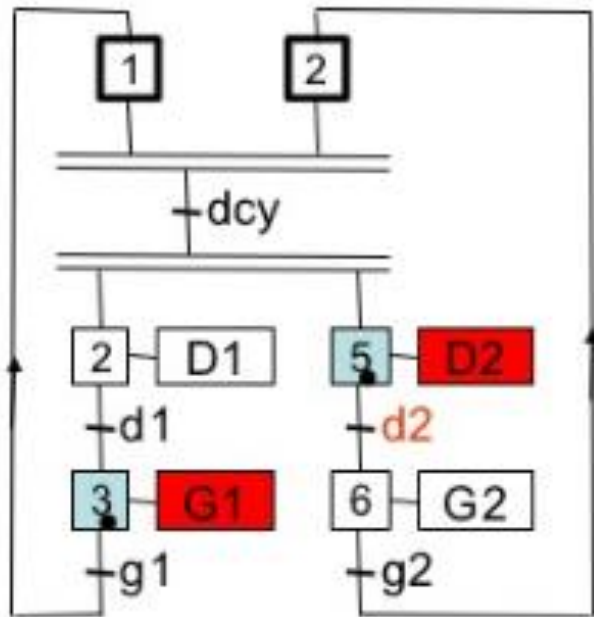


CH1



CH2

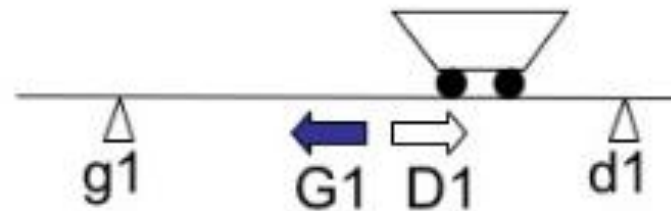




Solution 2



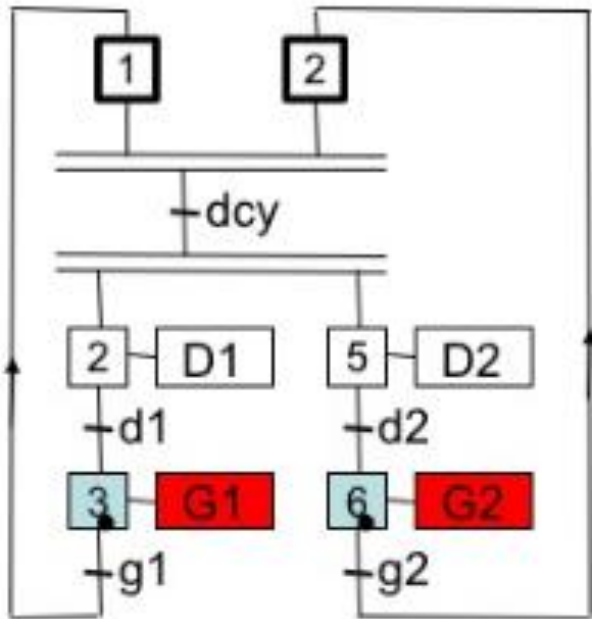
CH1



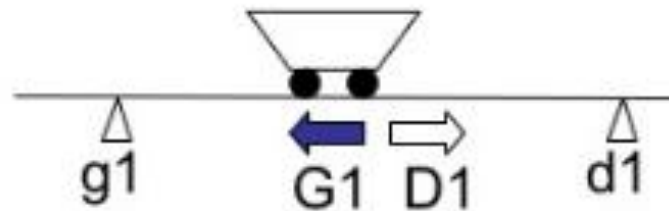
CH2



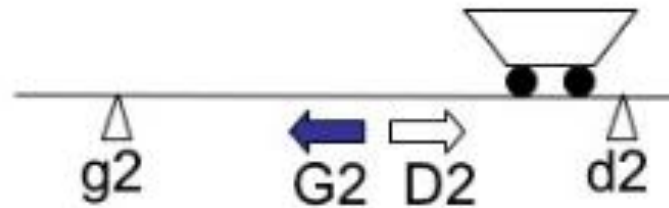
Solution 2



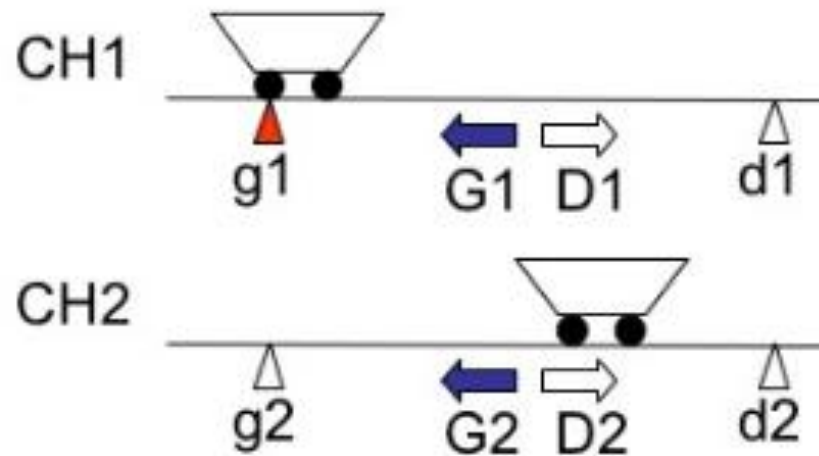
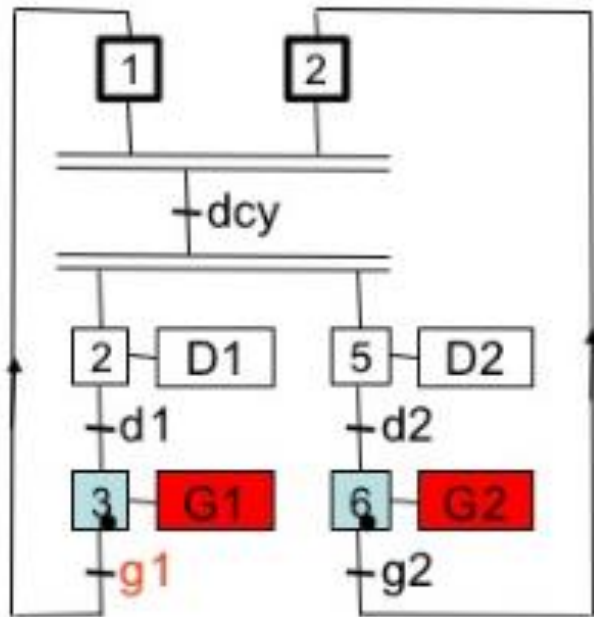
CH1

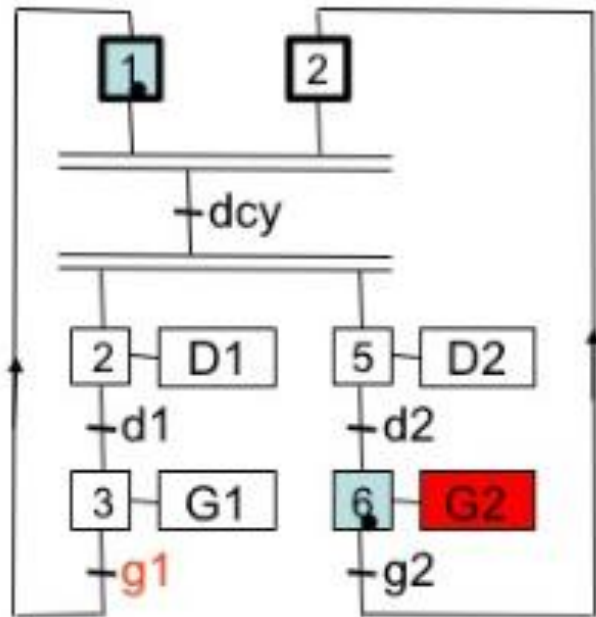


CH2

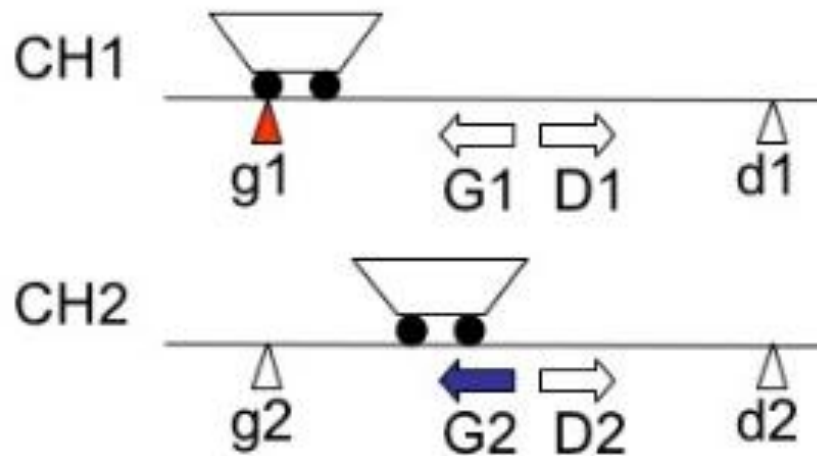


Solution 2

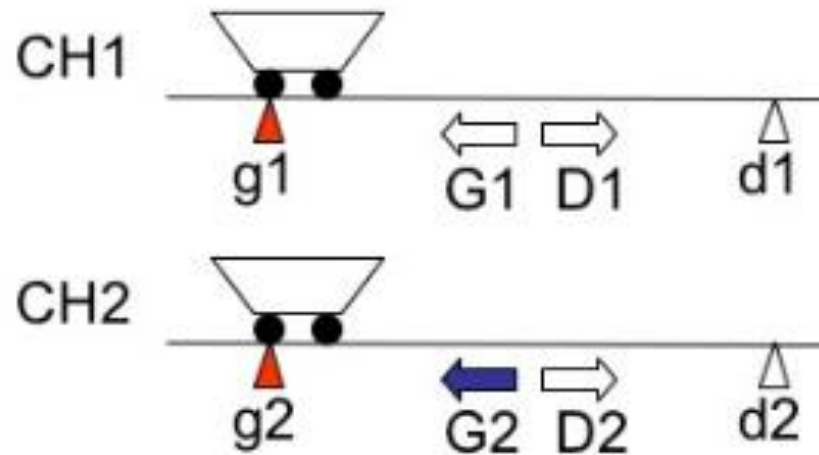
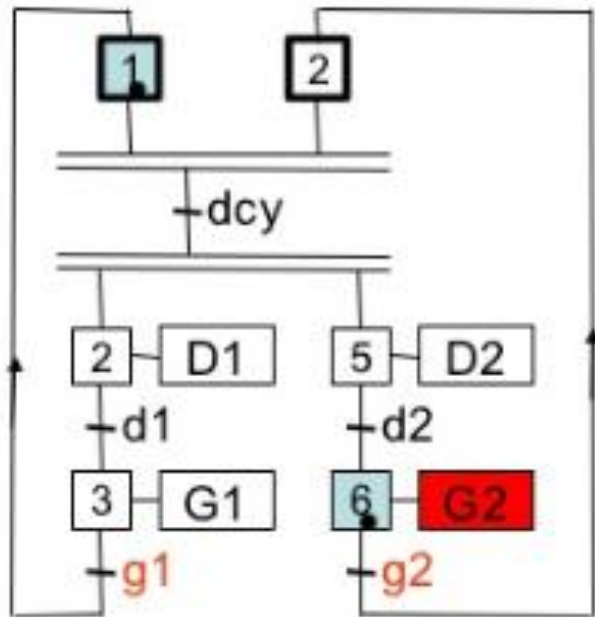




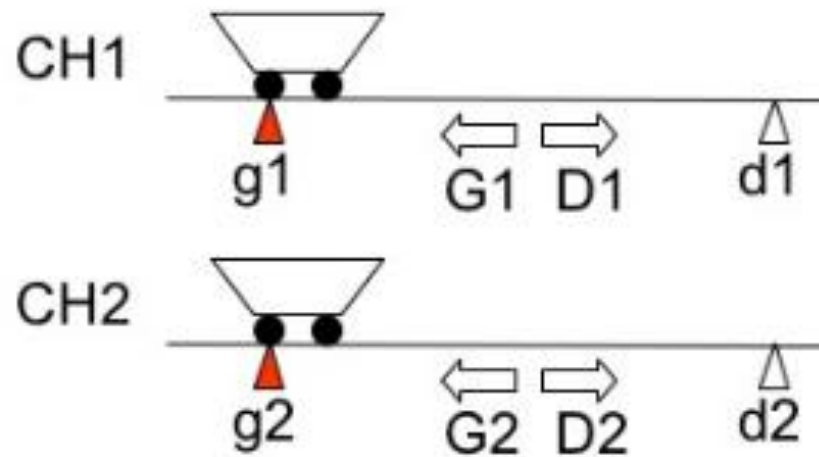
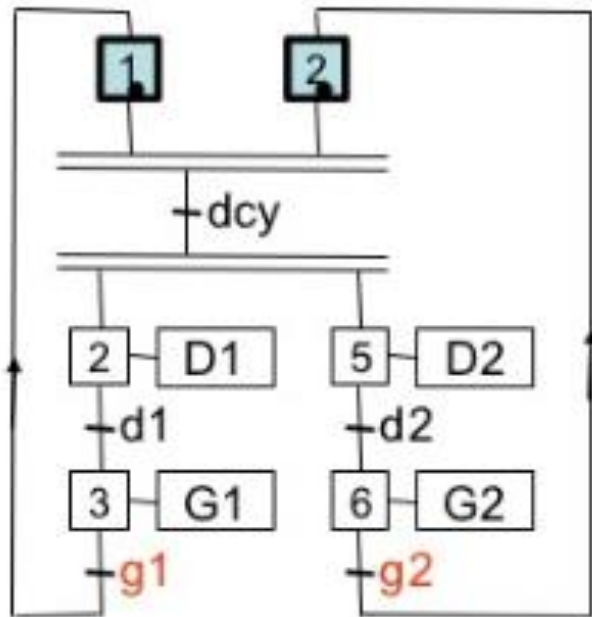
Solution 2

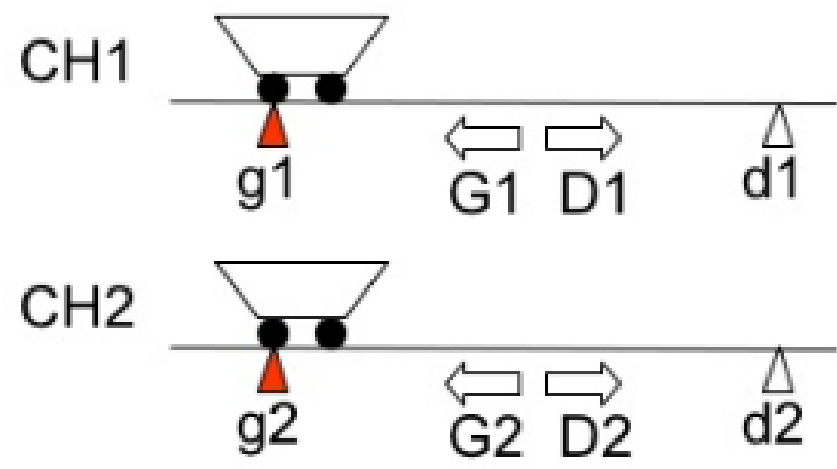
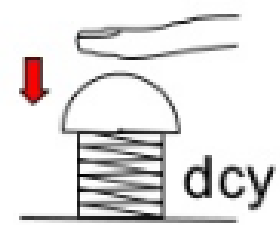
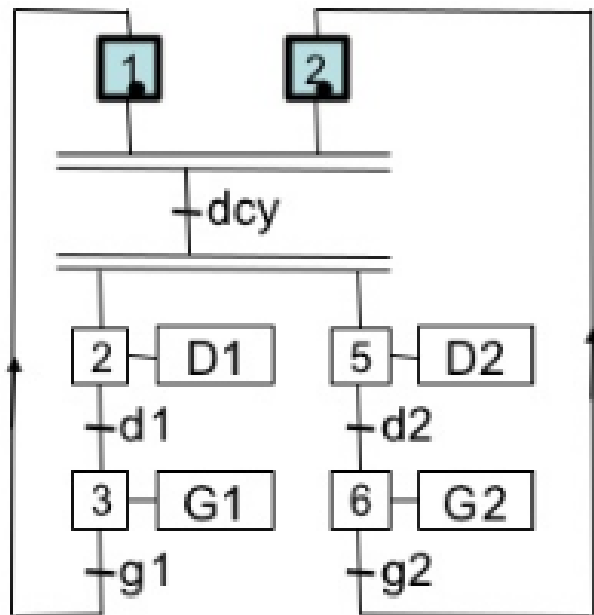


Solution 2

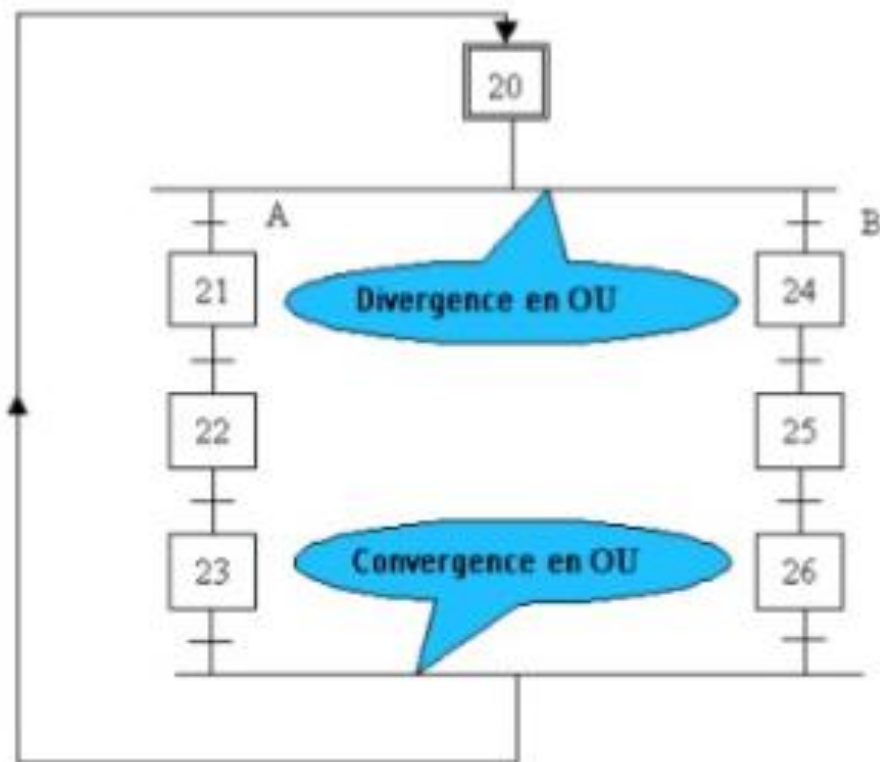


Solution 2





Divergence et convergence en OU (aiguillage)



Divergence en OU :

l'évolution du système vers une branche dépend des réceptivités A et B associées aux transitions.

Convergence en OU : après l'évolution dans une branche, il y a convergence vers une étape commune.

REMARQUES :

A et B ne peuvent être vrais simultanément (conflit).

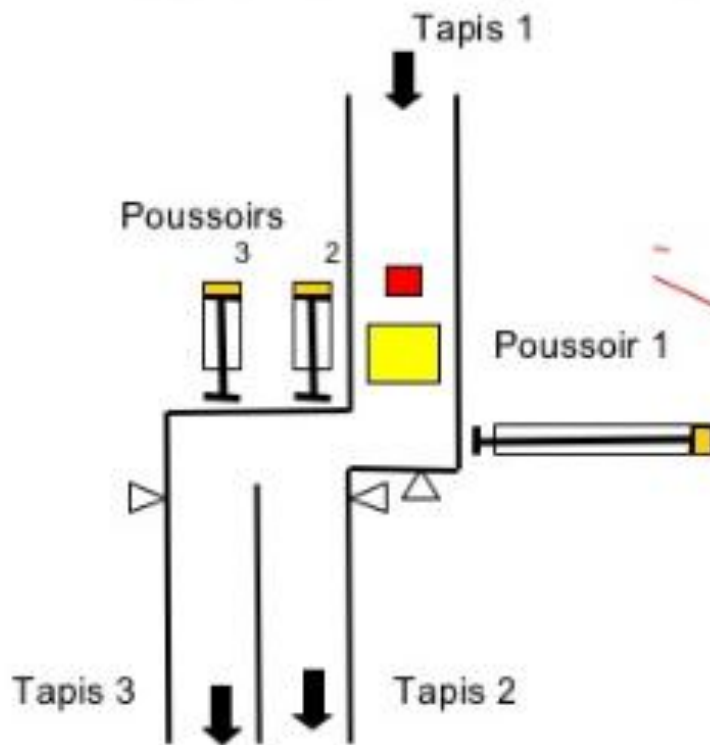
Après une divergence en OU, on trouve une convergence en OU.

Le nombre de branches peut-être supérieur à 2.

La convergence de toutes les branches ne se fait pas obligatoirement au même endroit.

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 :

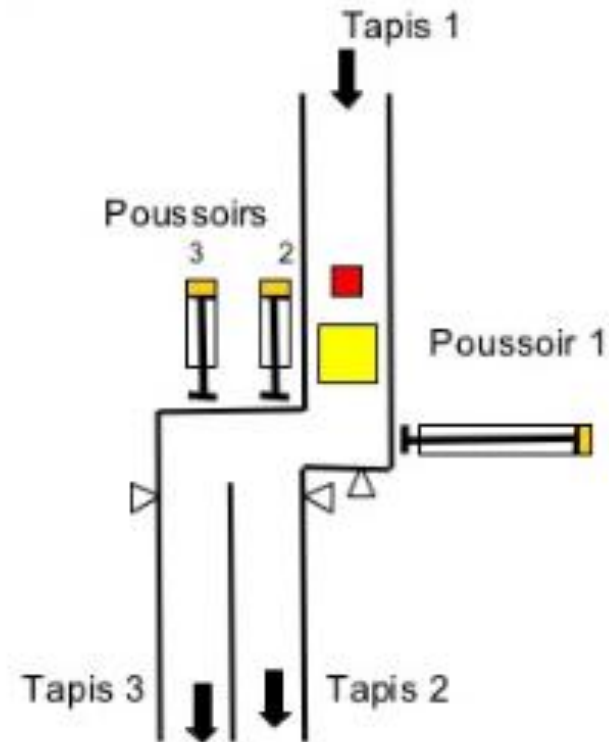
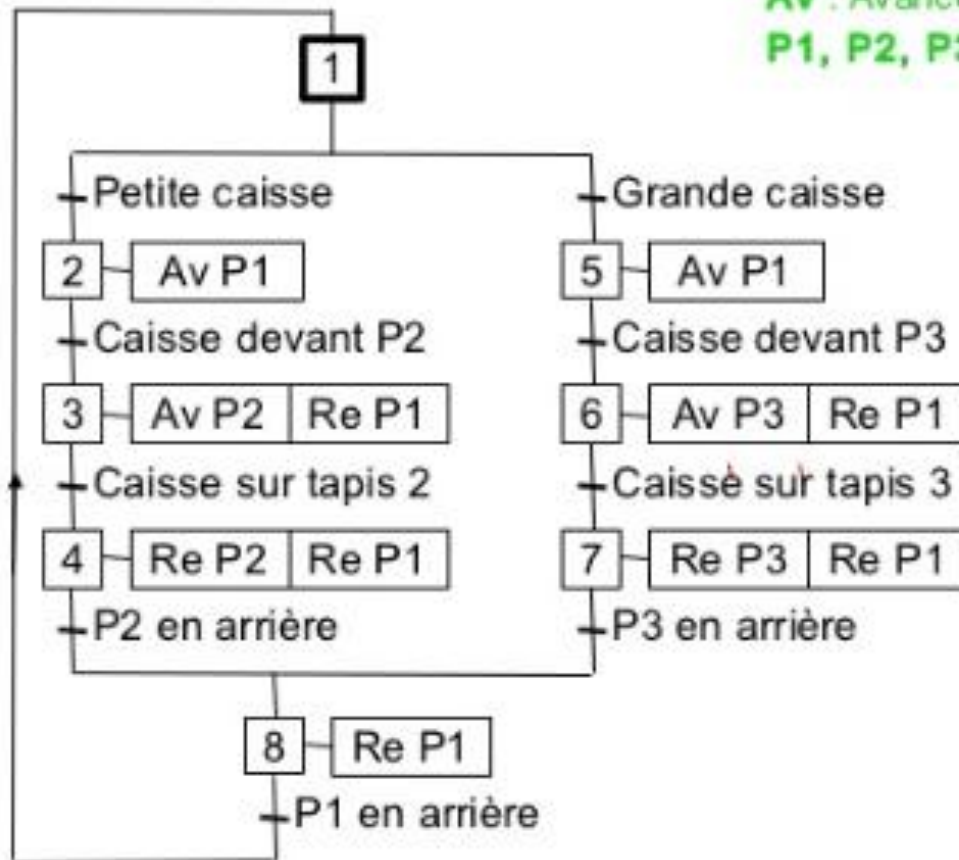


Cycle de fonctionnement :

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.

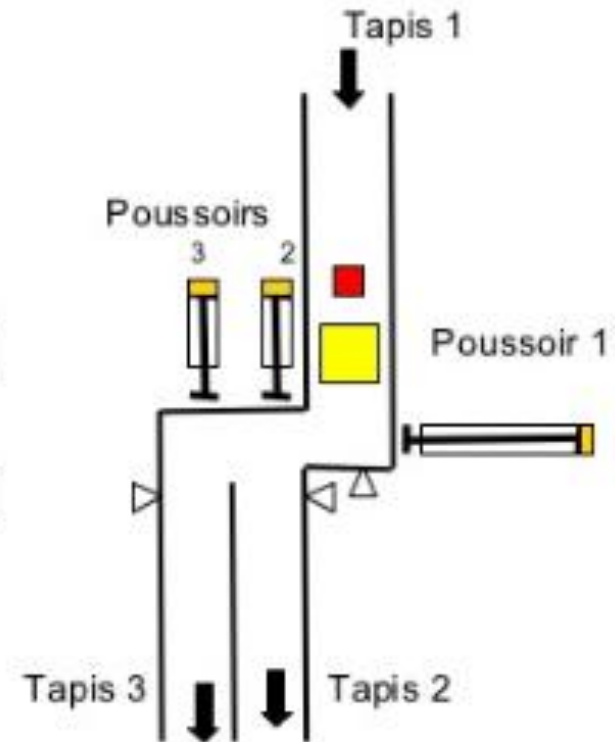
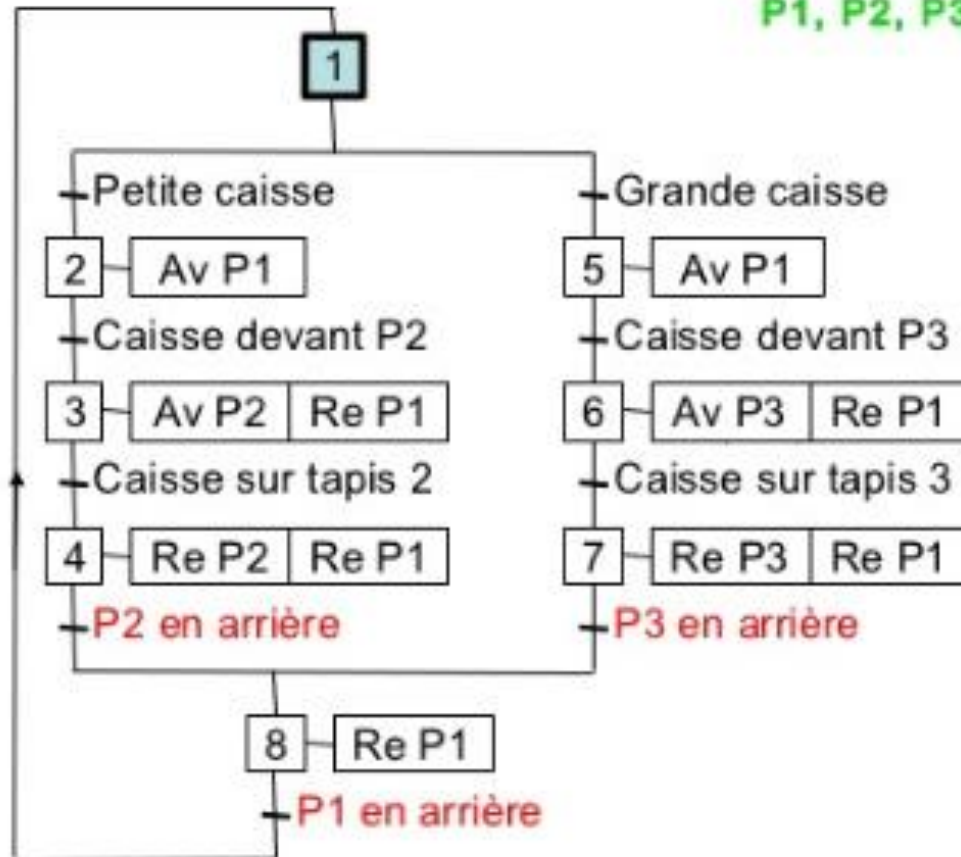
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



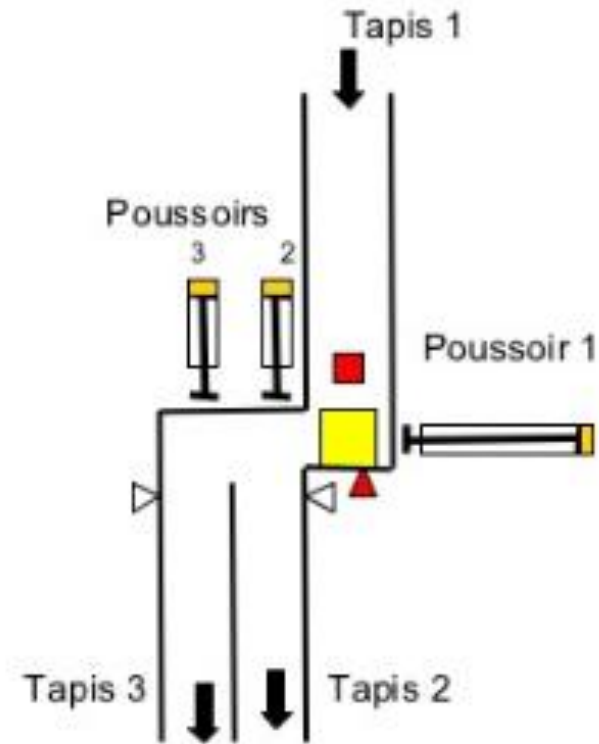
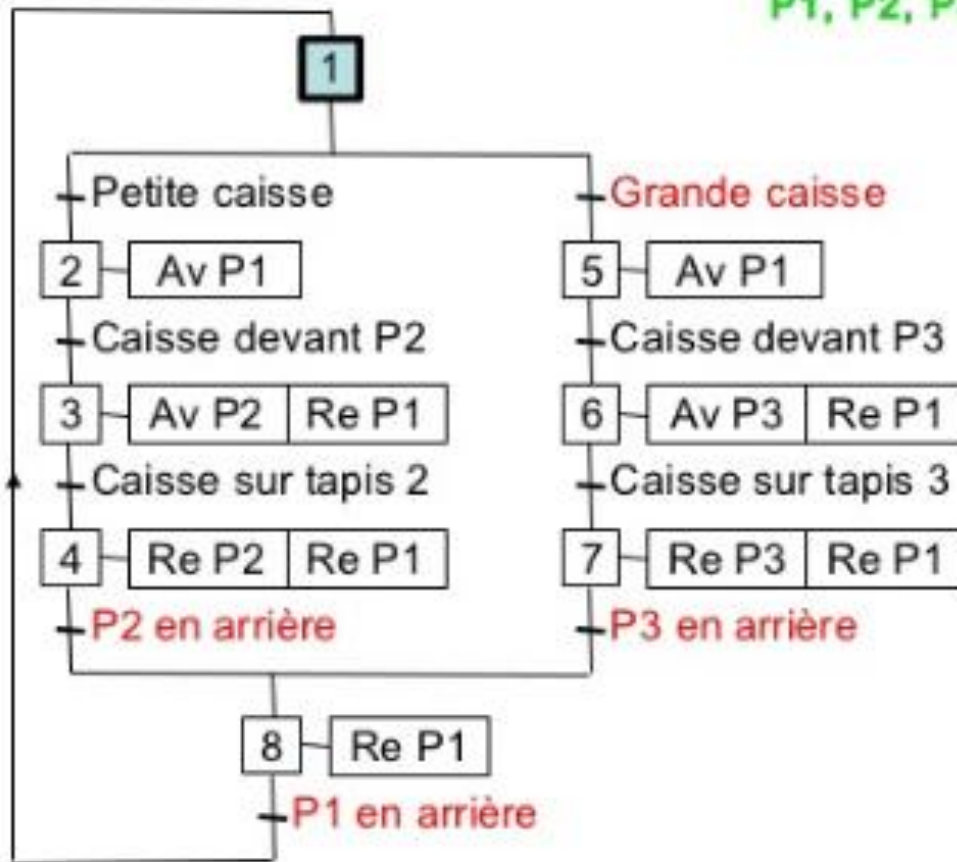
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



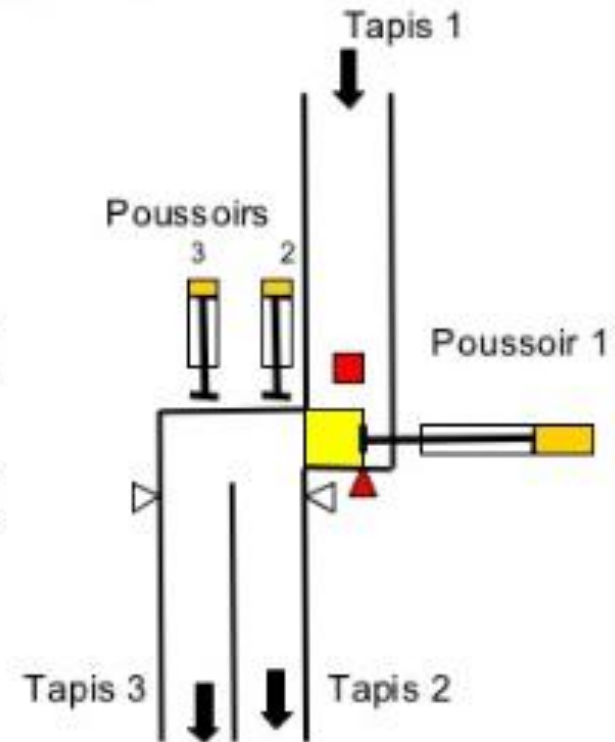
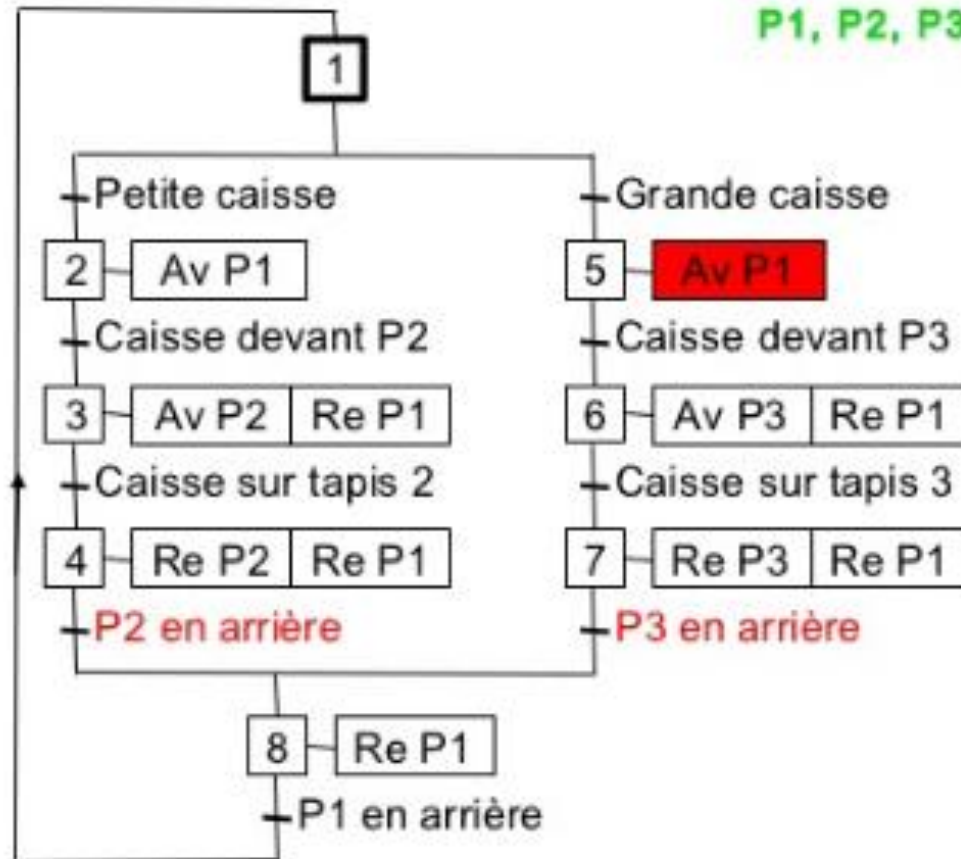
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



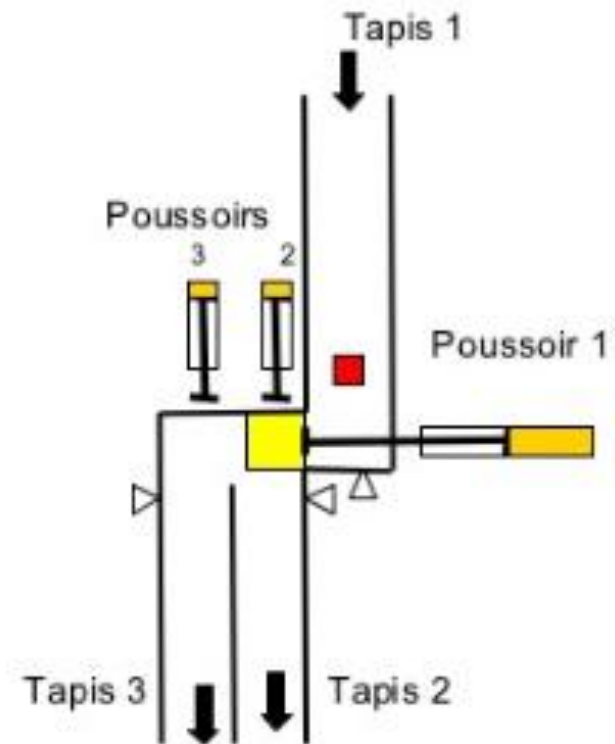
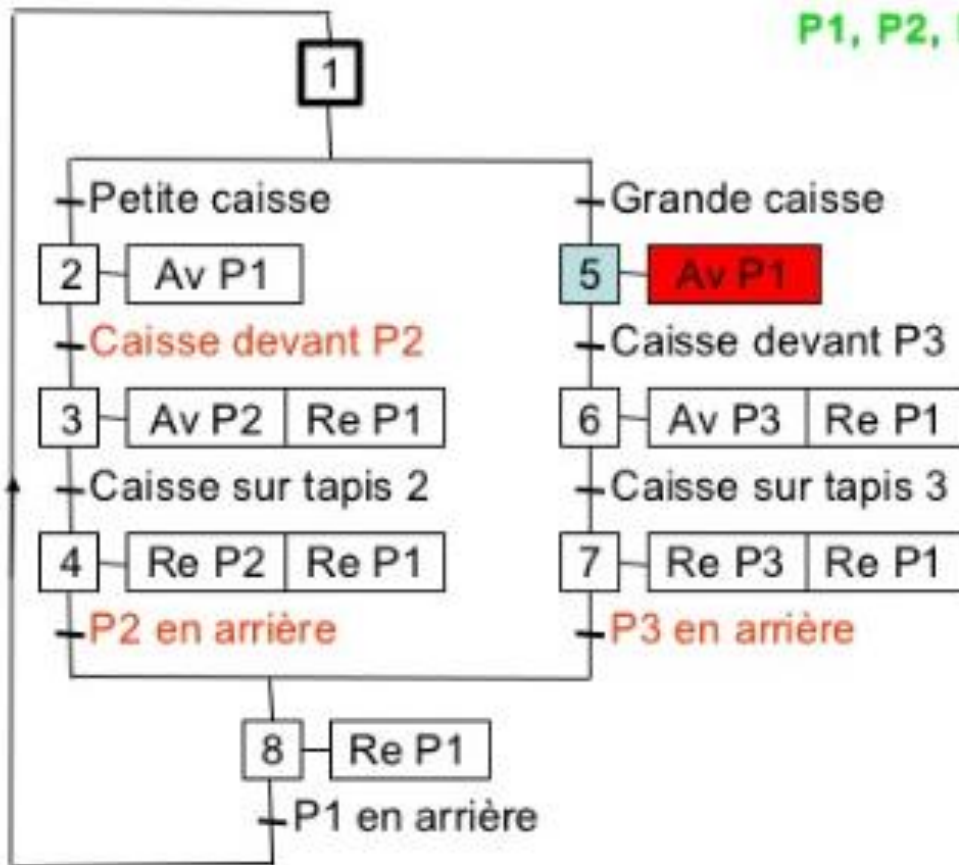
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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

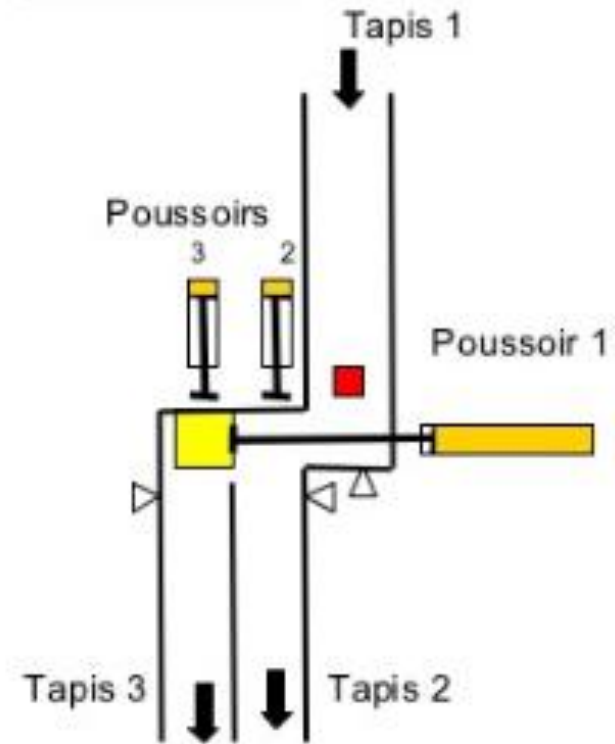
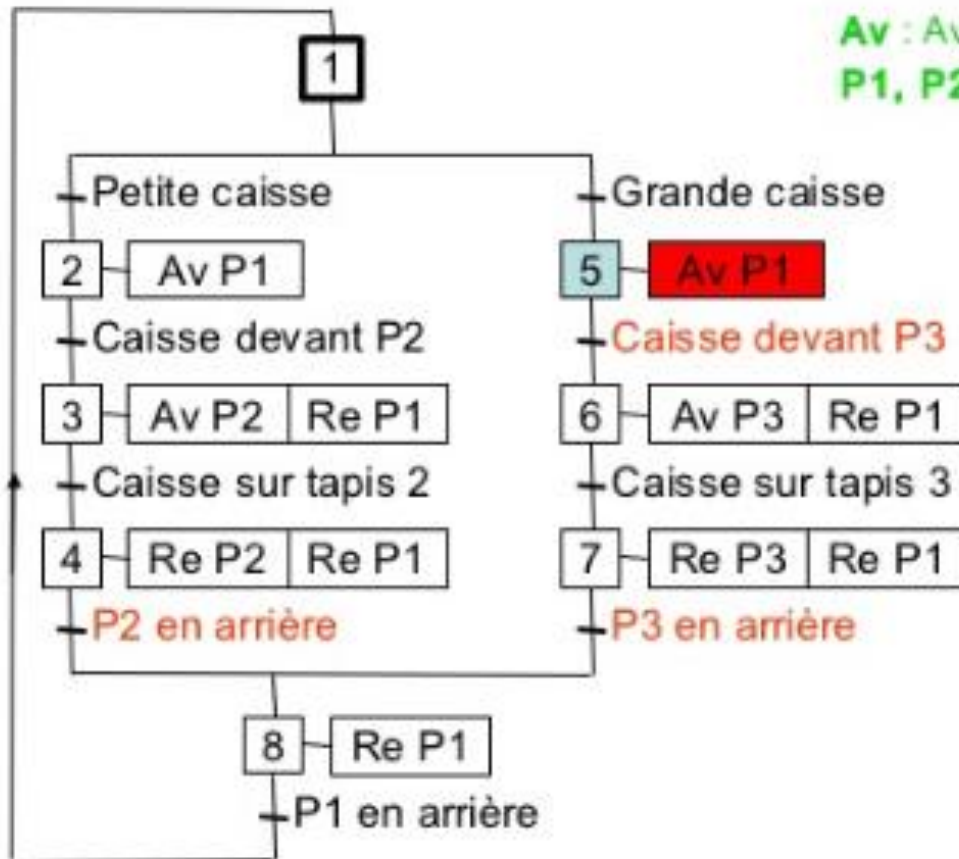


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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

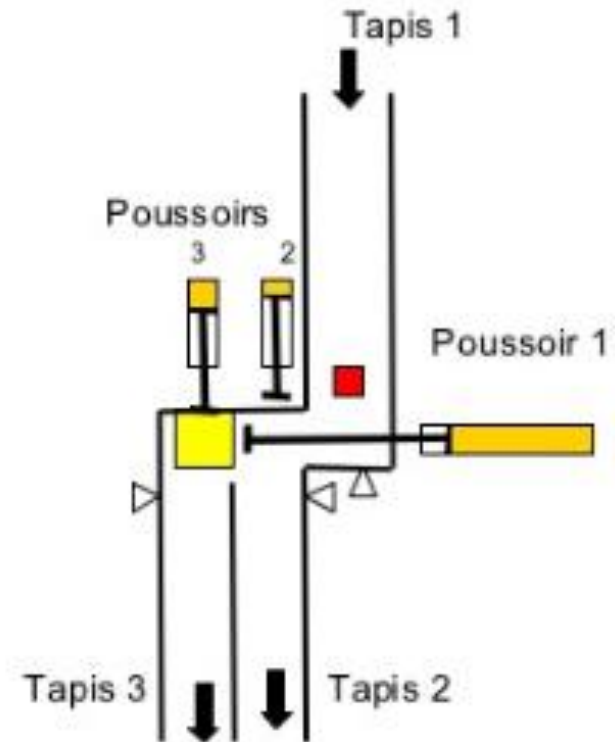
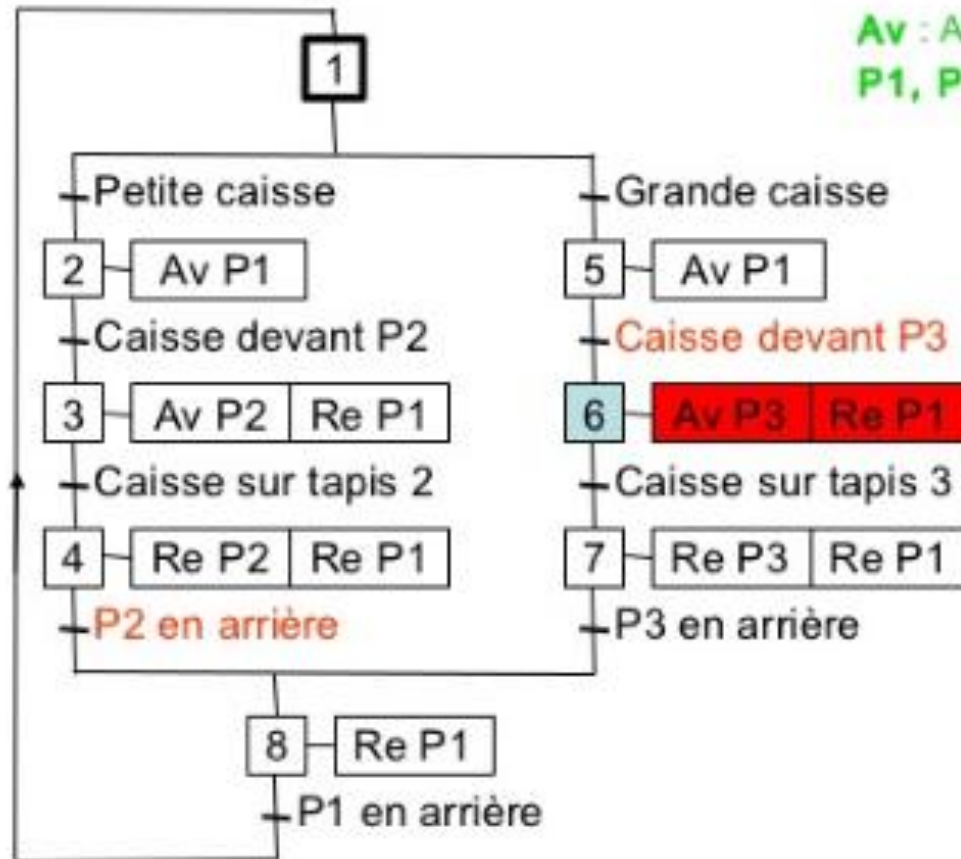


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)



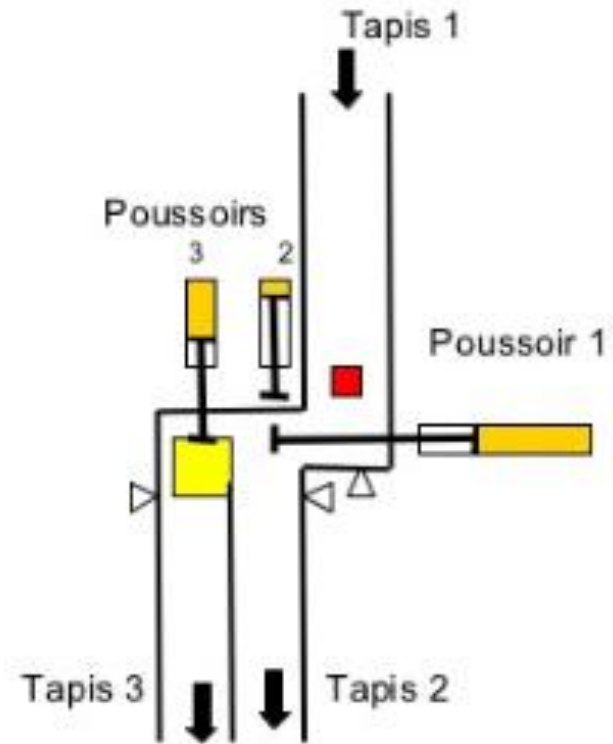
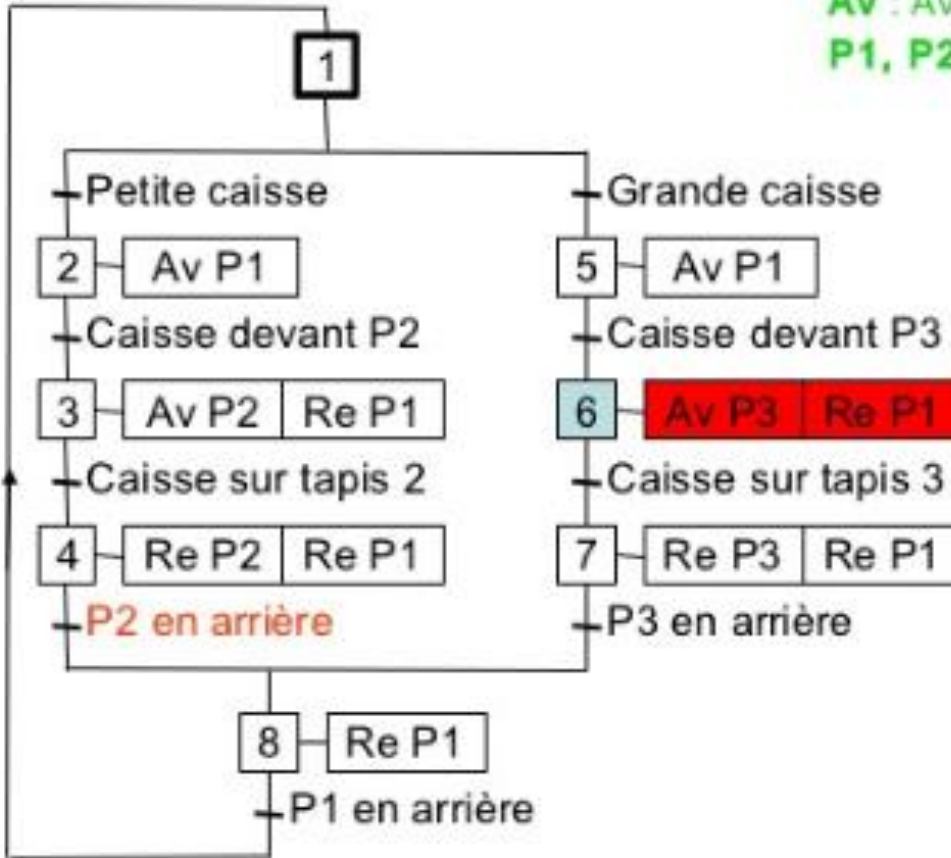
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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

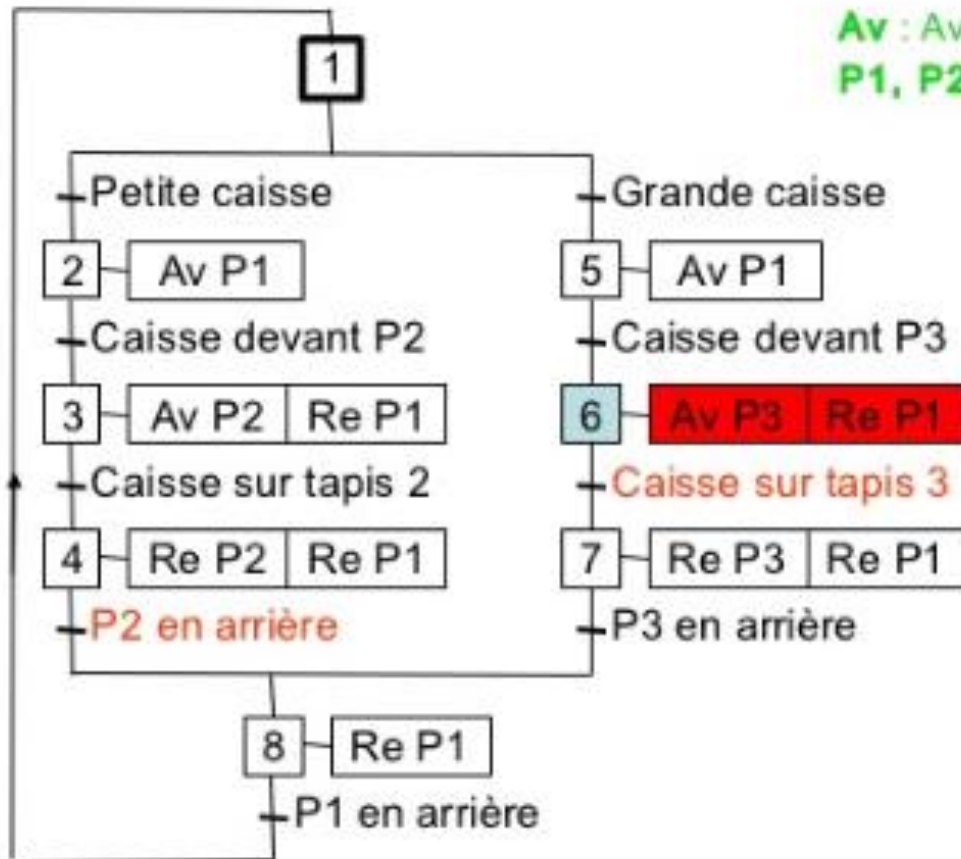


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

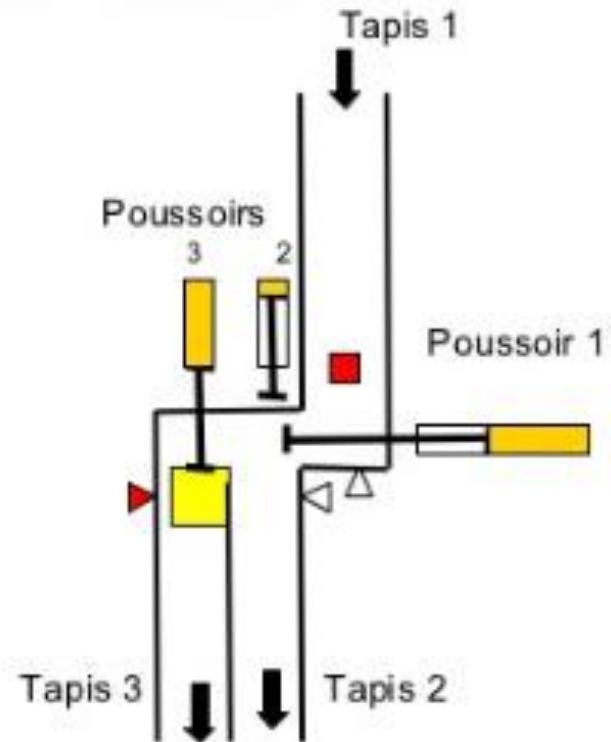
Av : Avance Re : Recule
 P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3



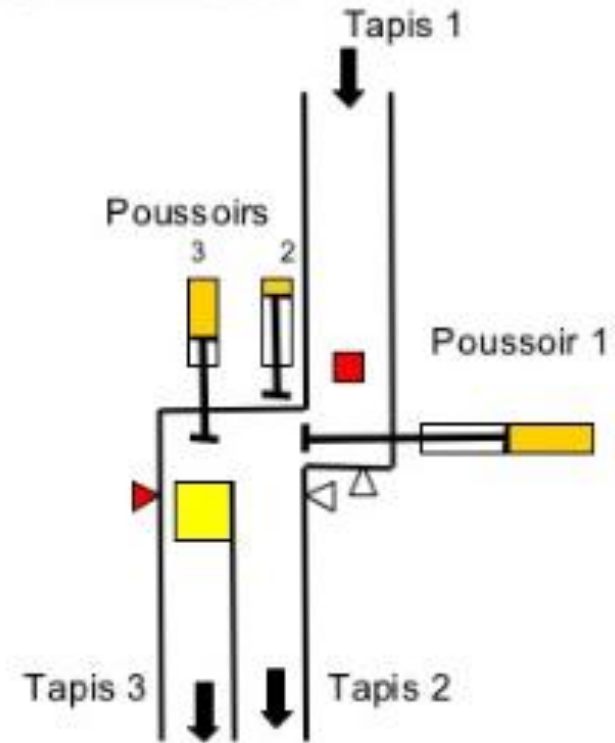
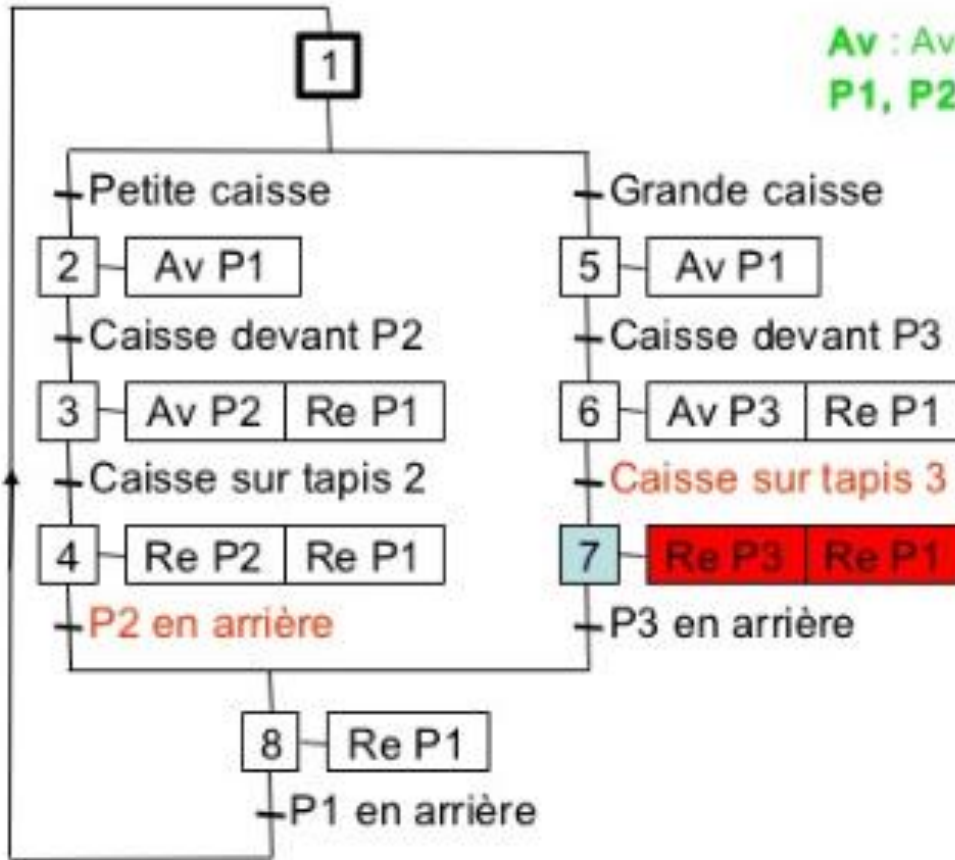
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)



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

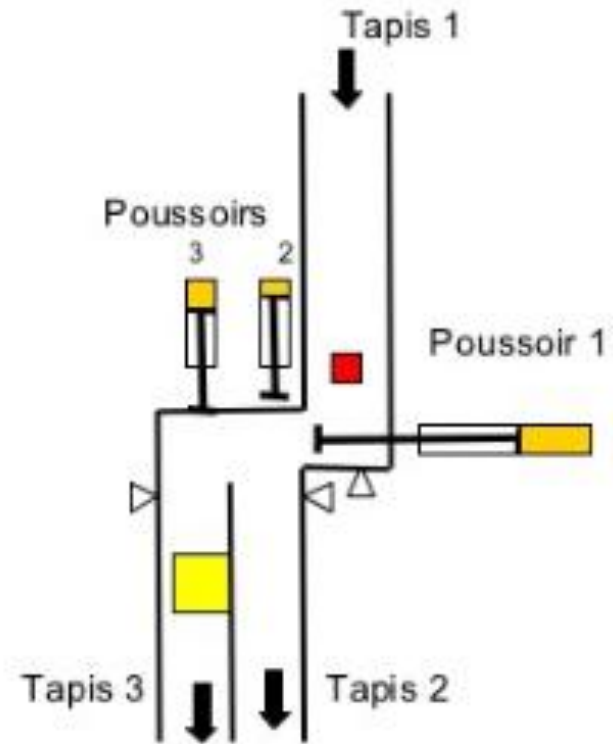
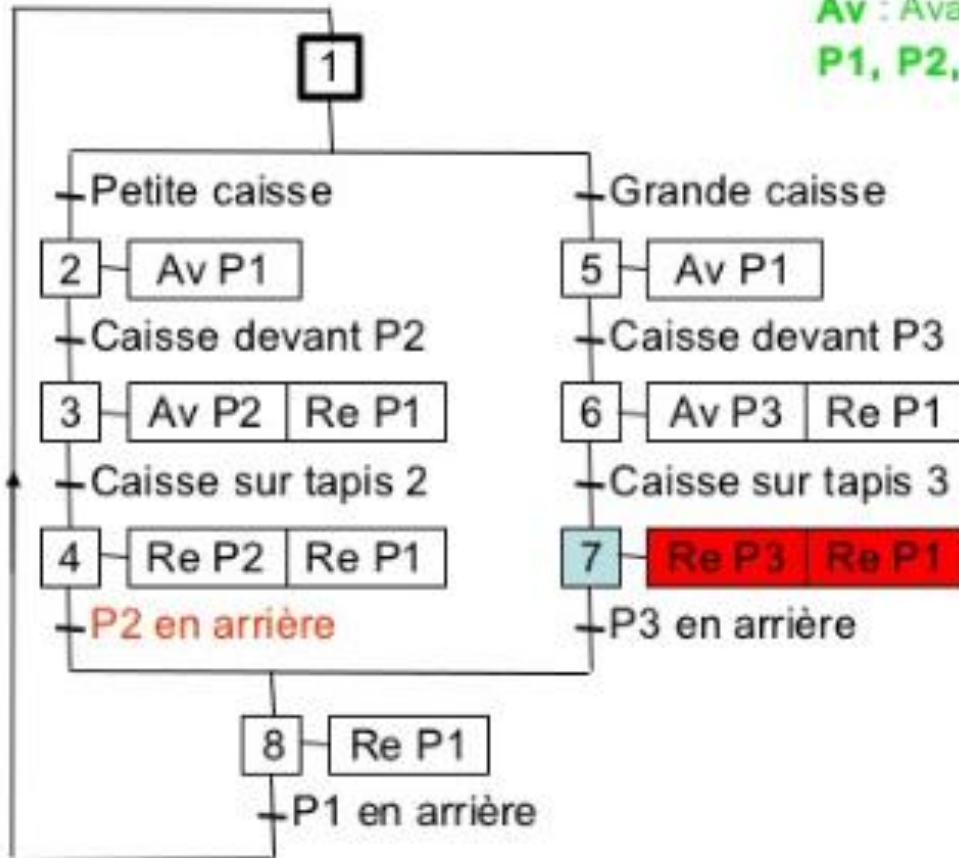


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)



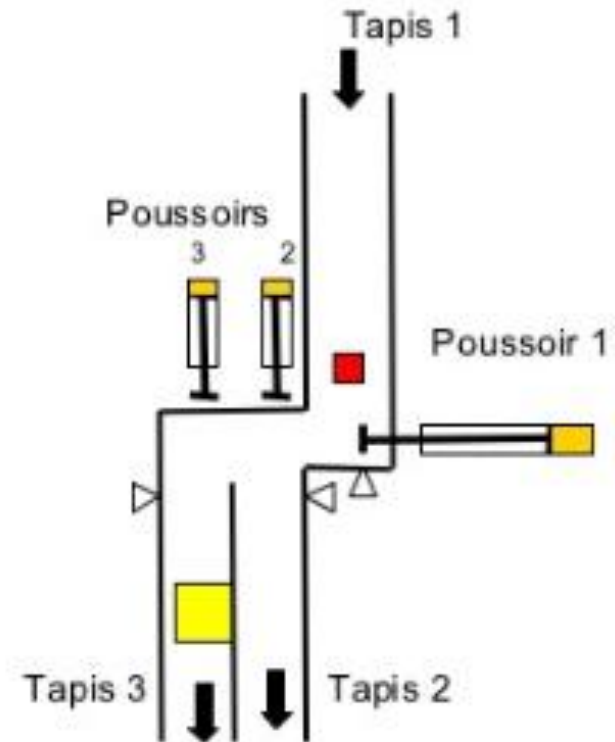
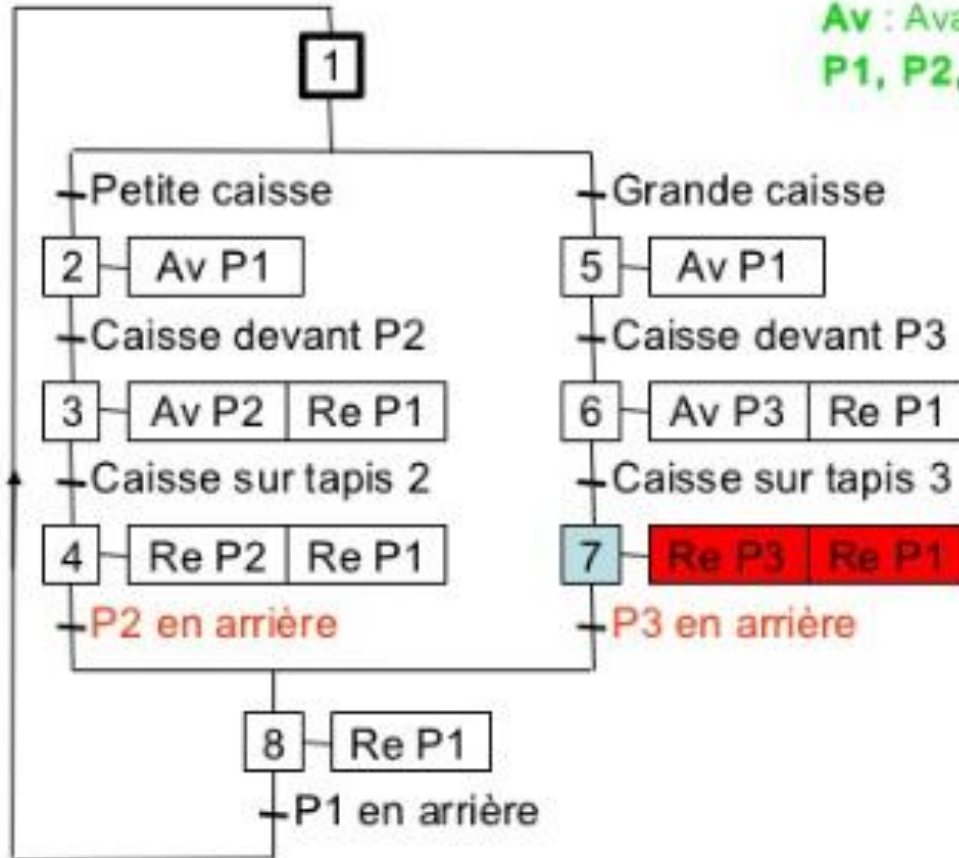
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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

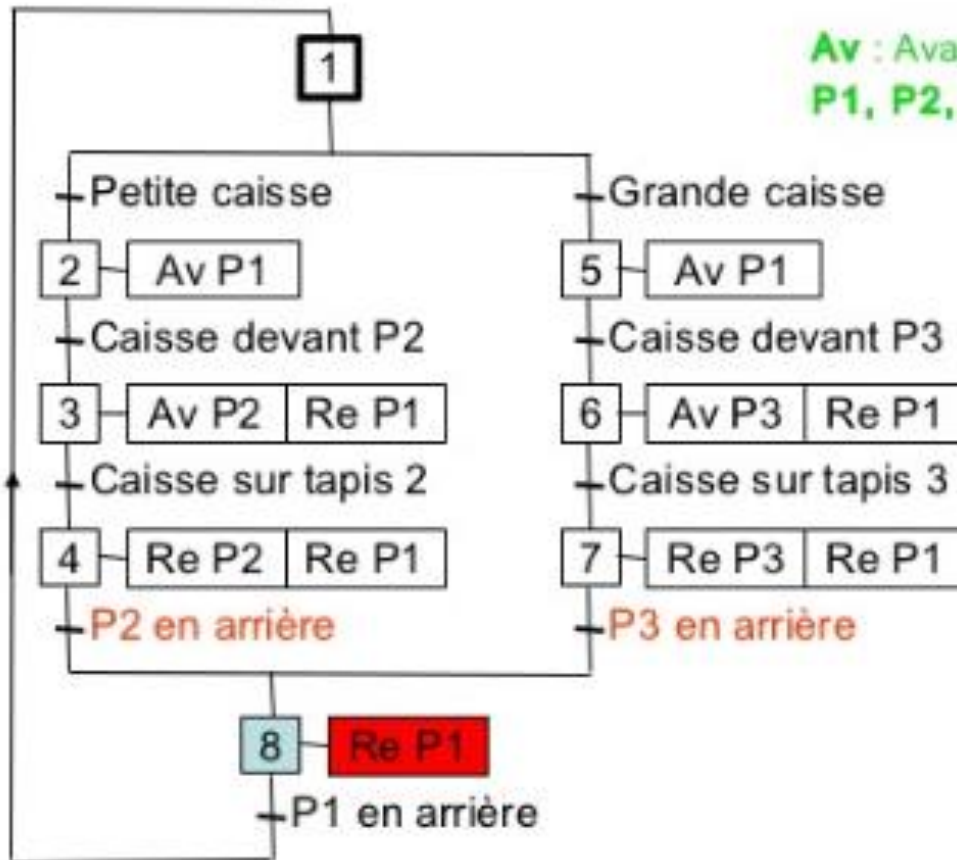


Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

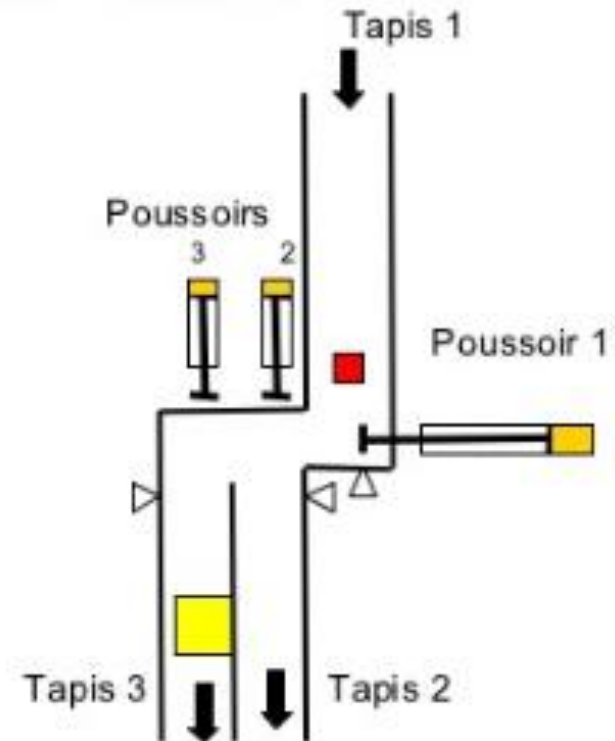
Av : Avance **Re** : Recule
P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3



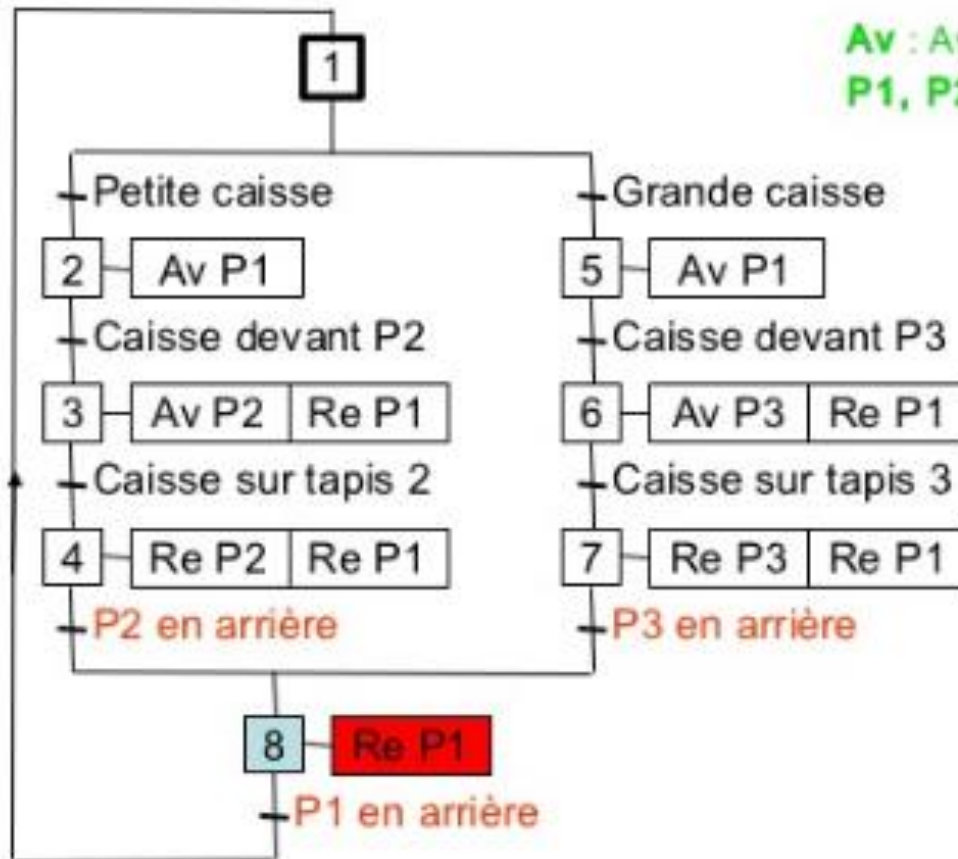
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)



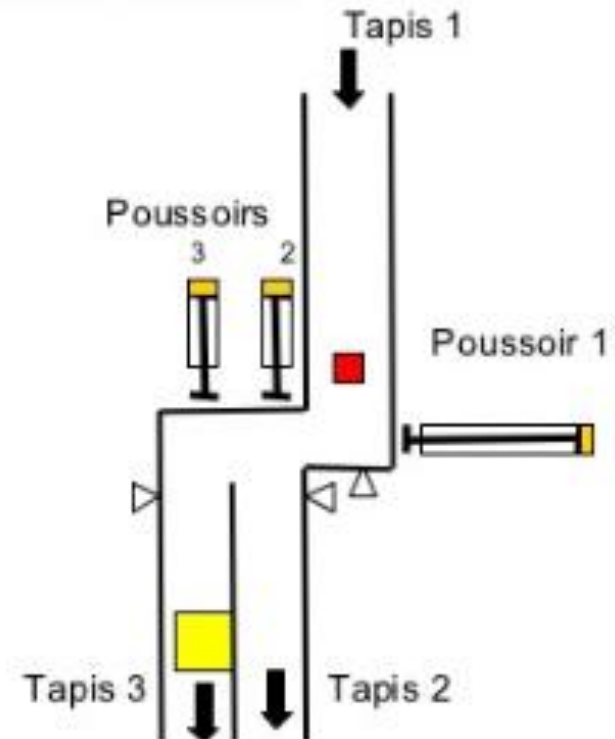
Av : Avance Re : Recule
 P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3



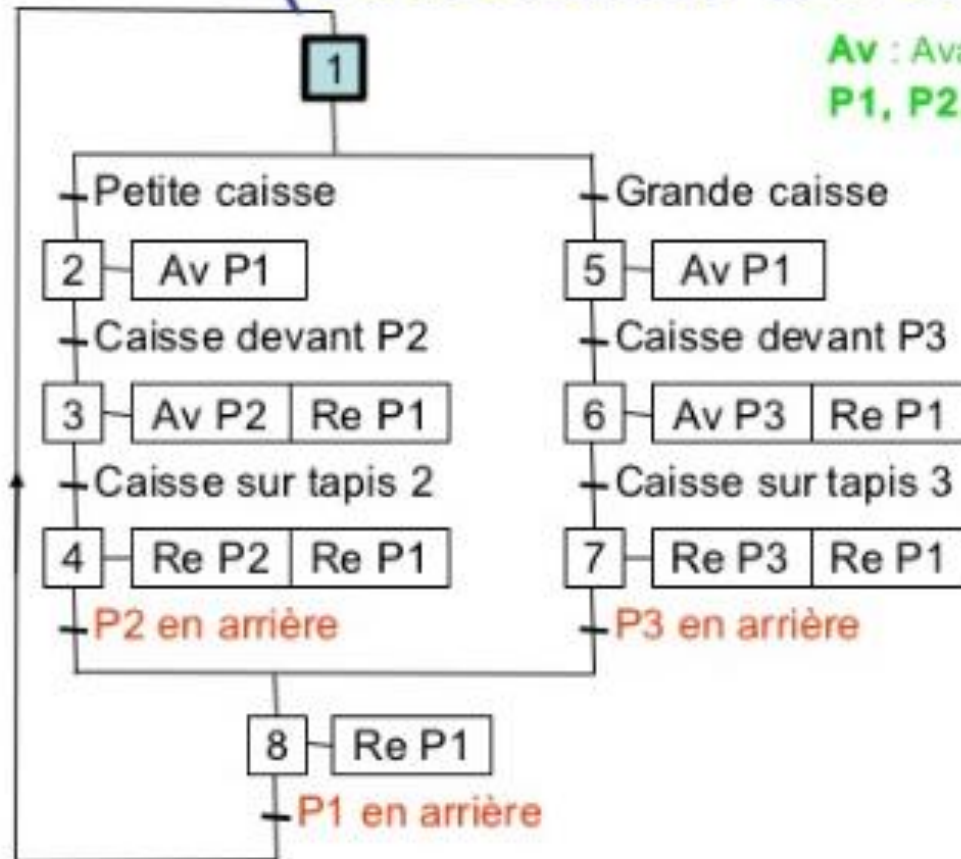
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)



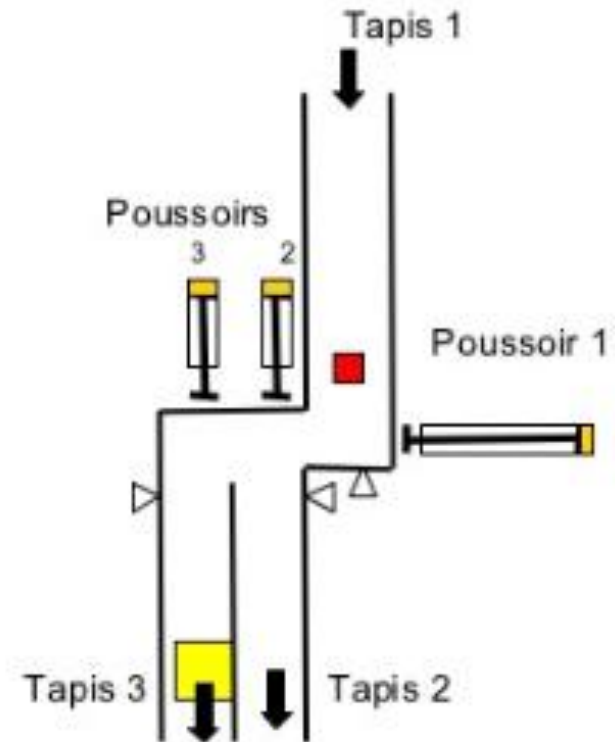
Av : Avance Re : Recule
 P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3



Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

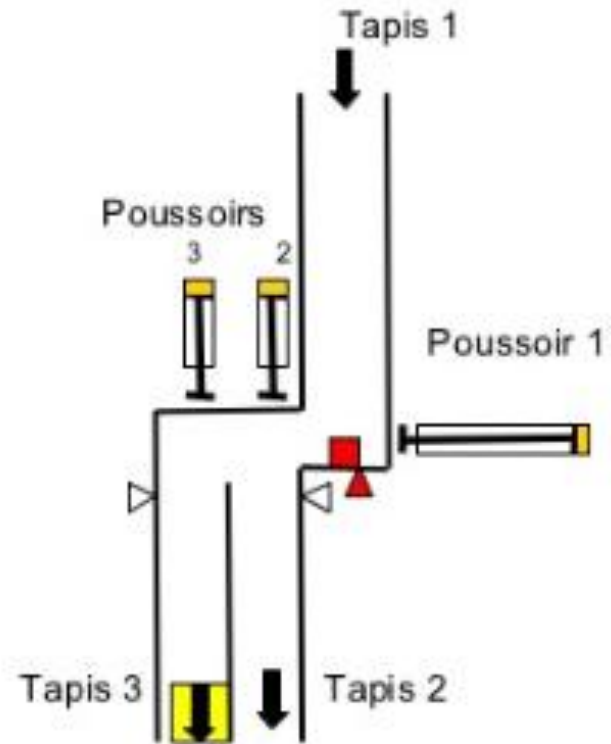
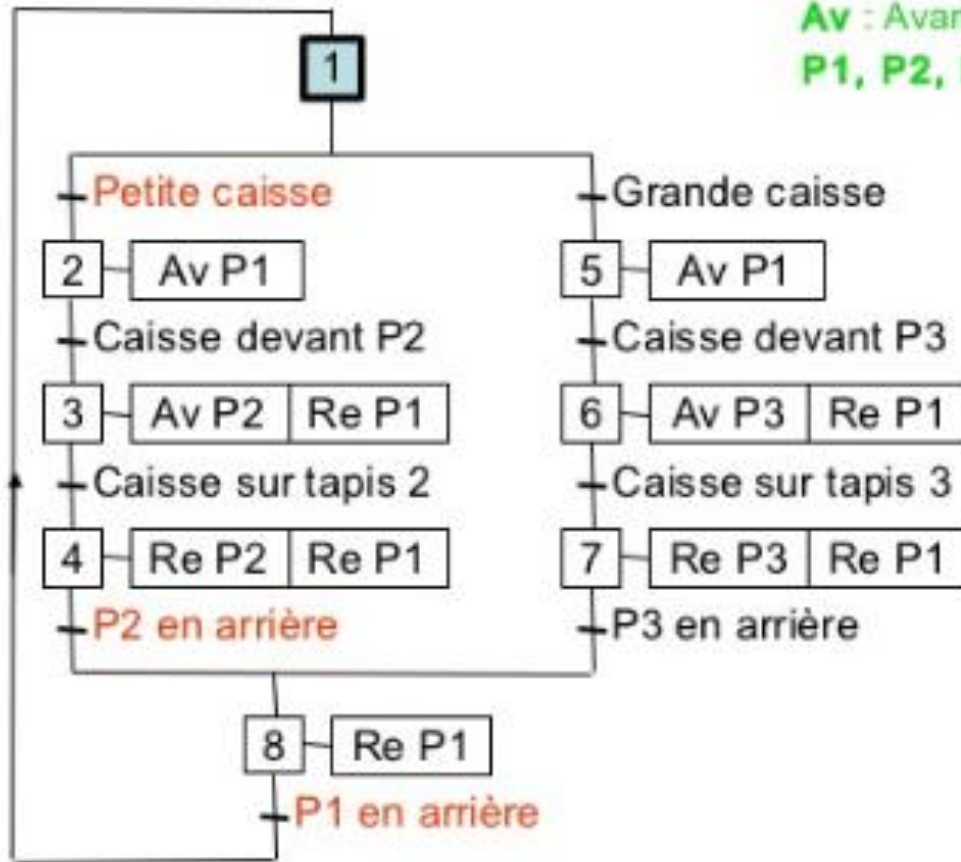


Av : Avance Re : Recule
 P1, P2, P3 : poussoirs 1, 2, 3



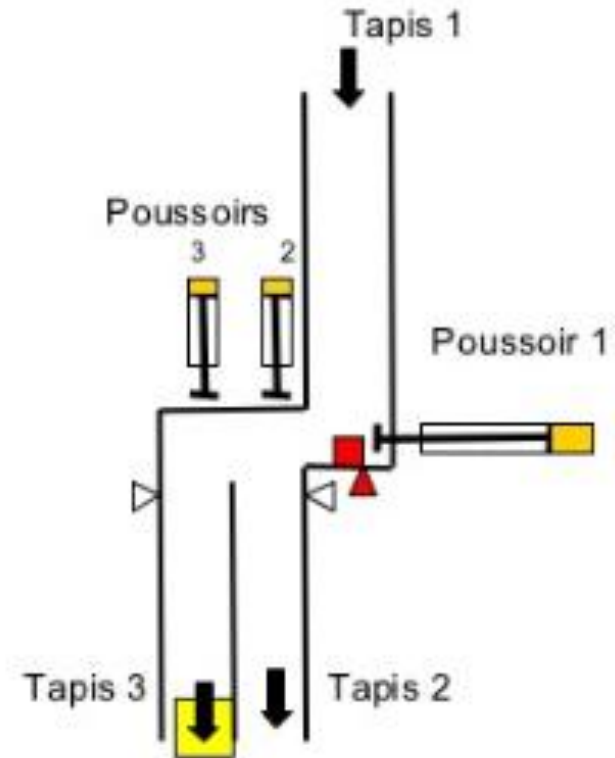
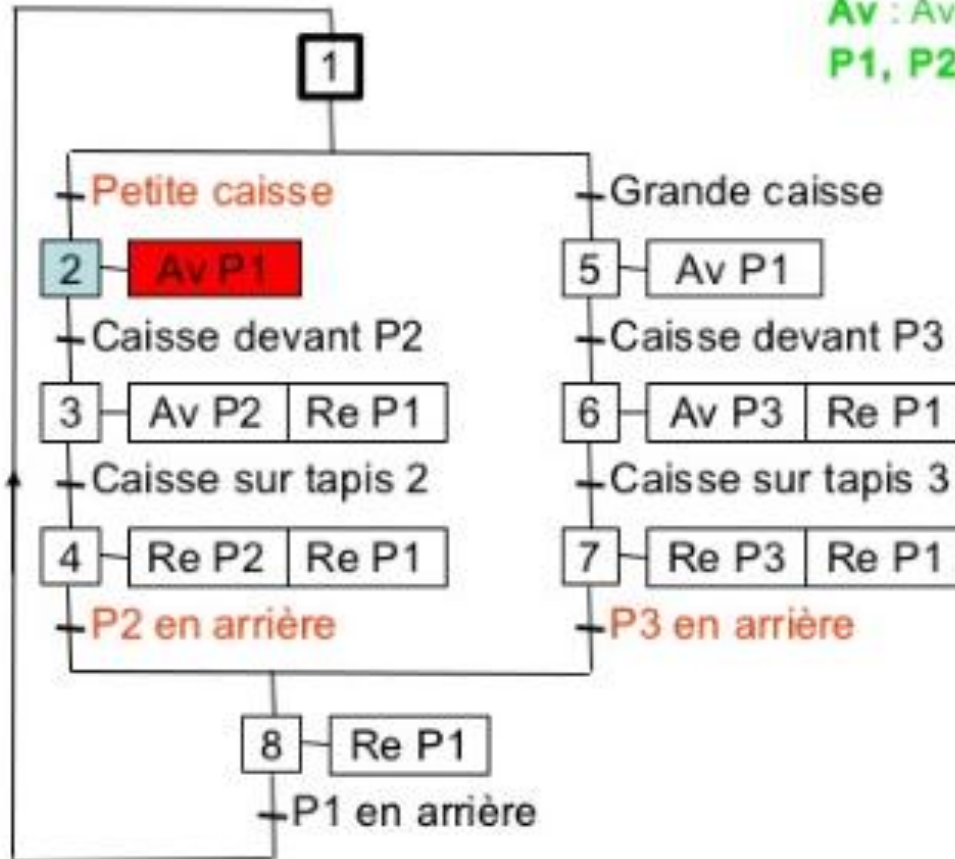
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



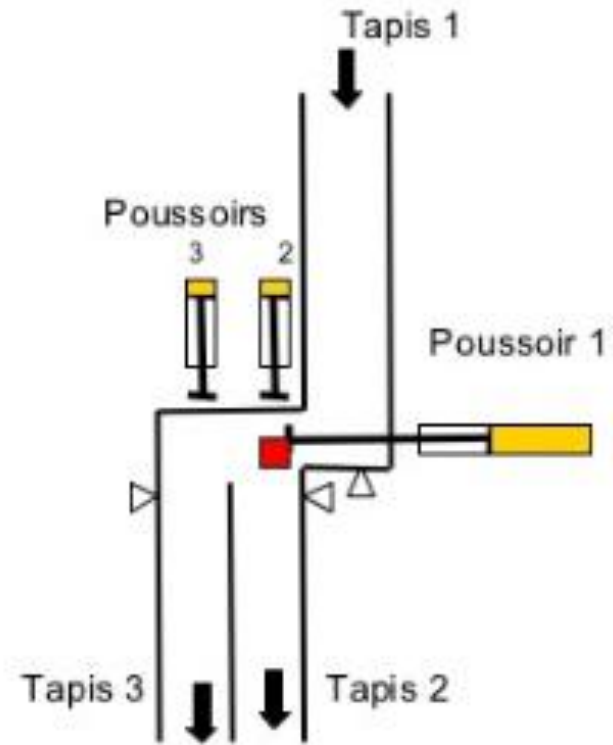
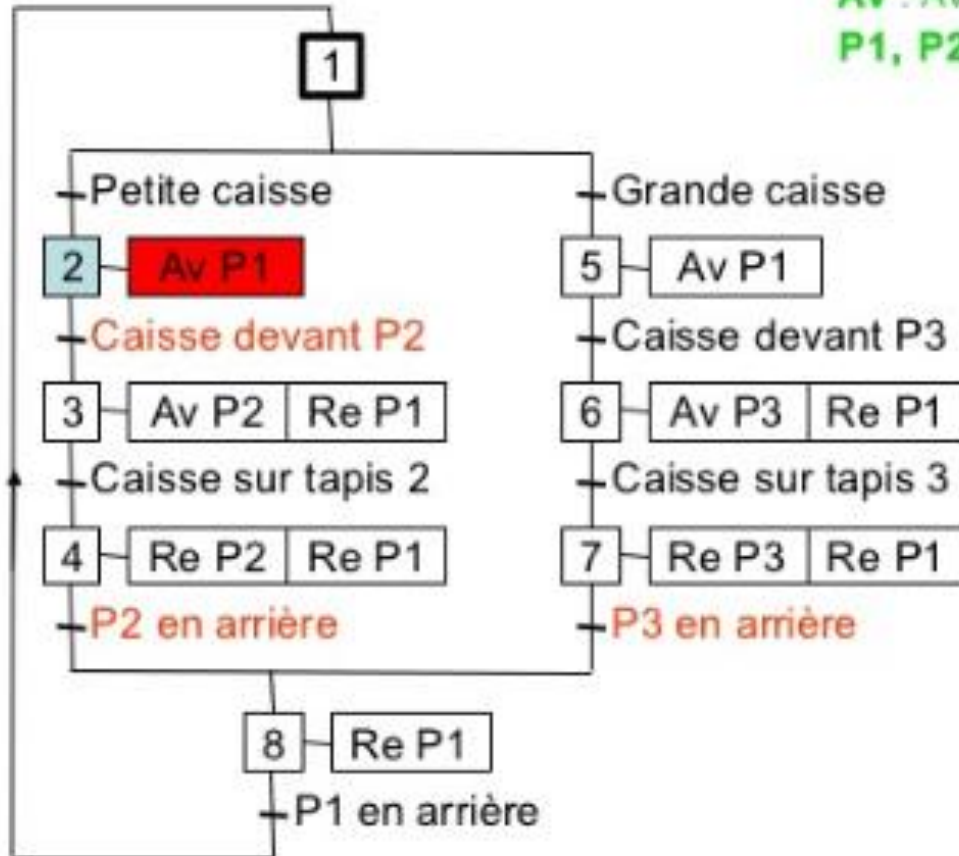
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



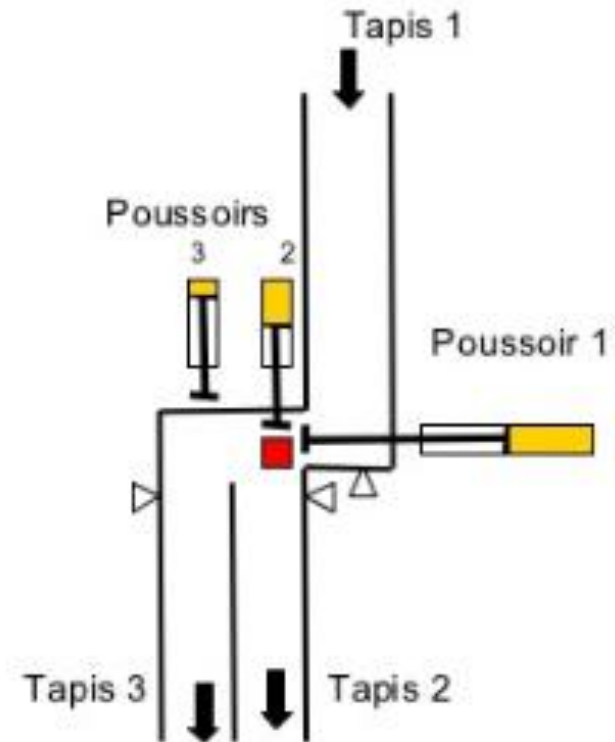
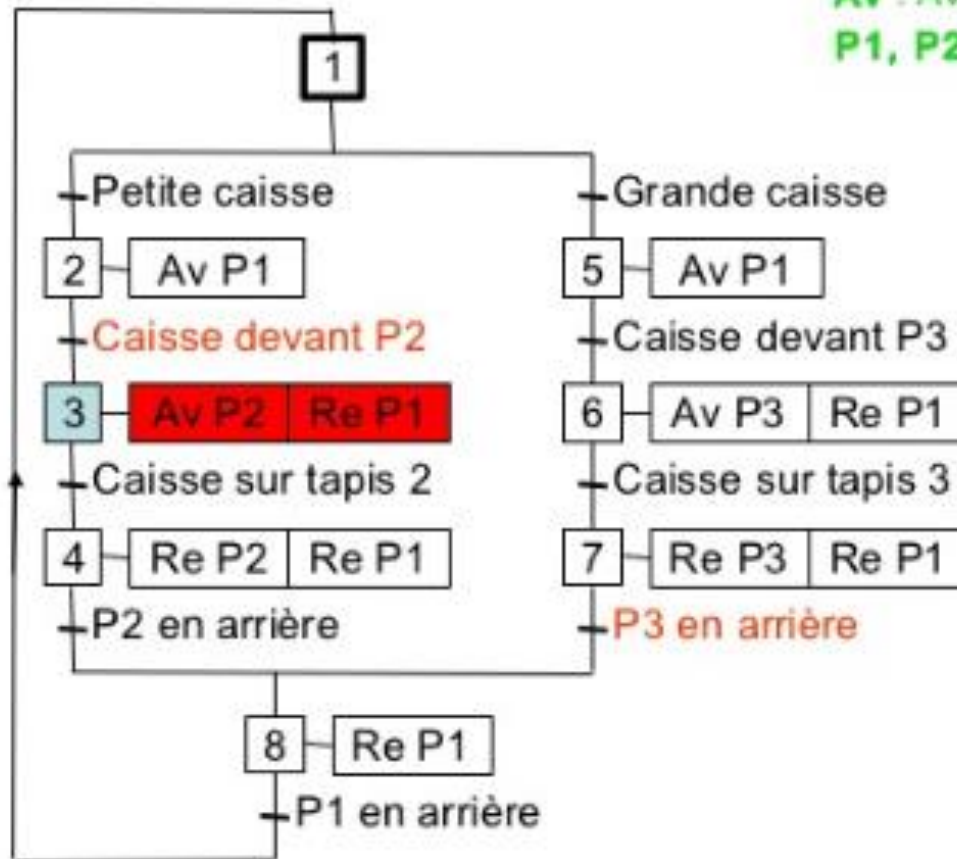
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



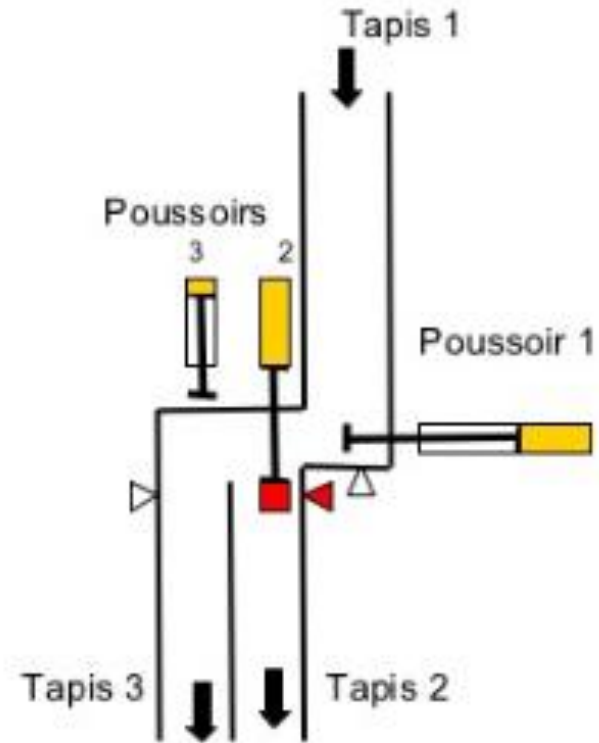
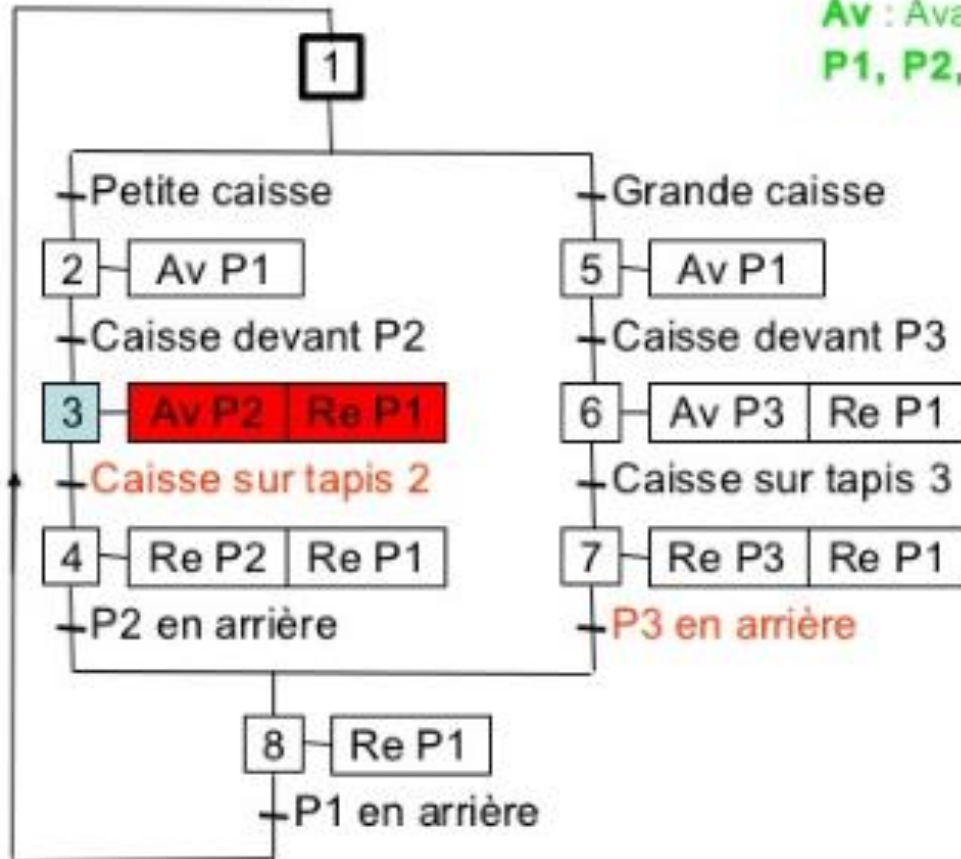
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



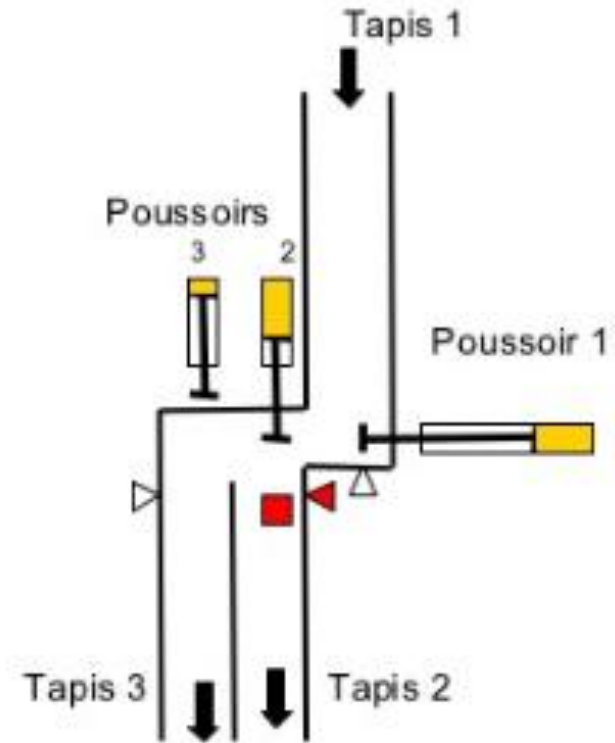
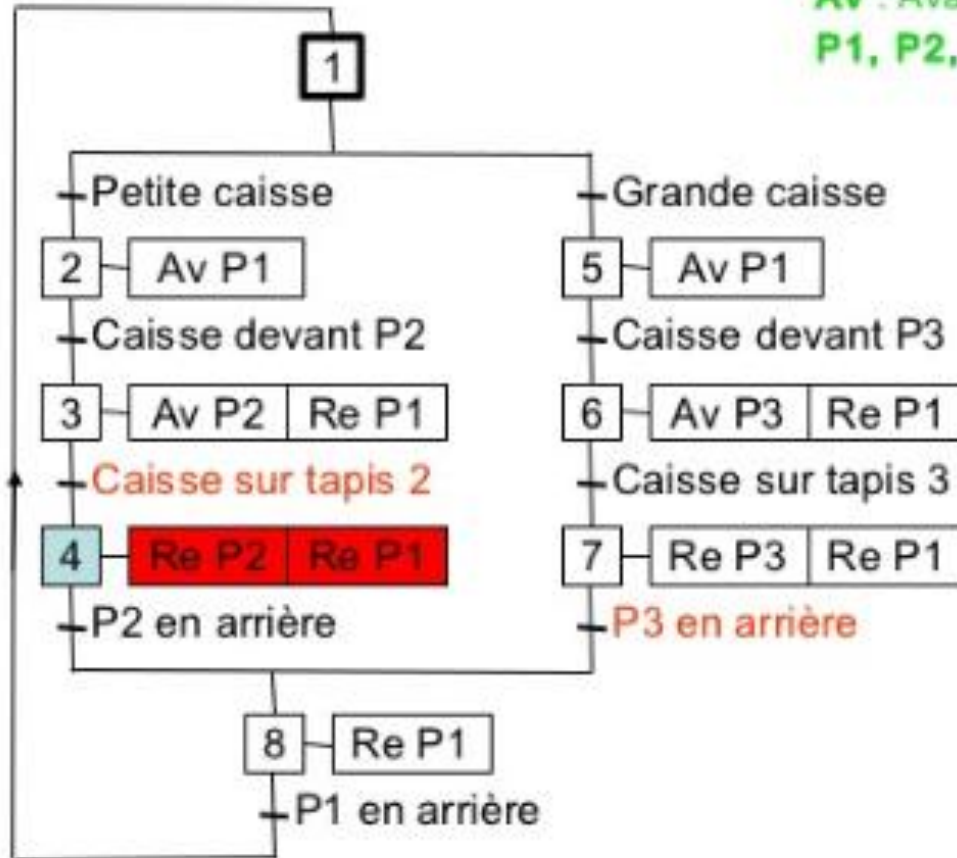
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



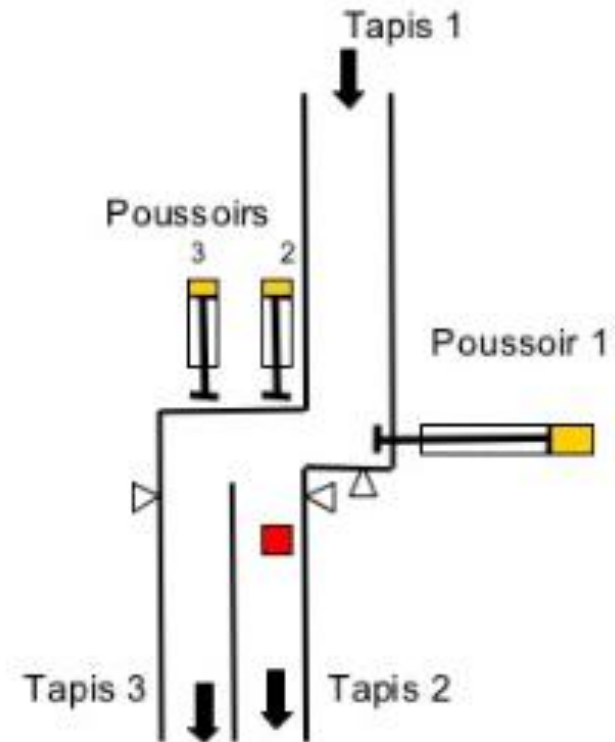
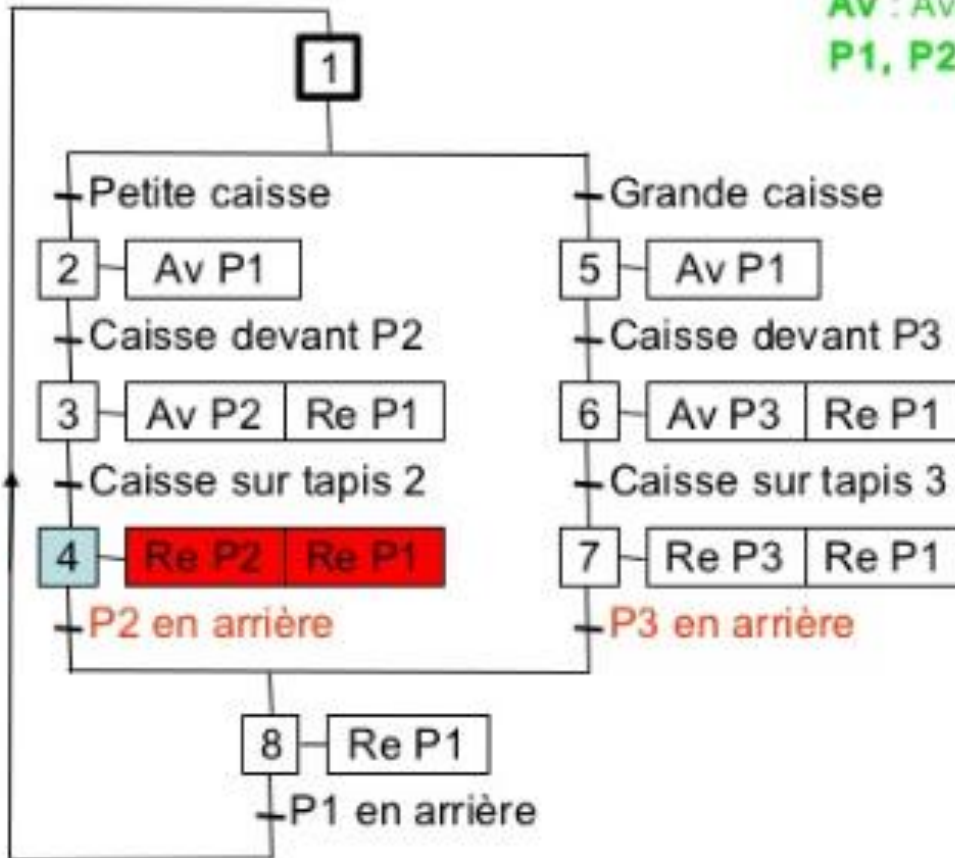
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



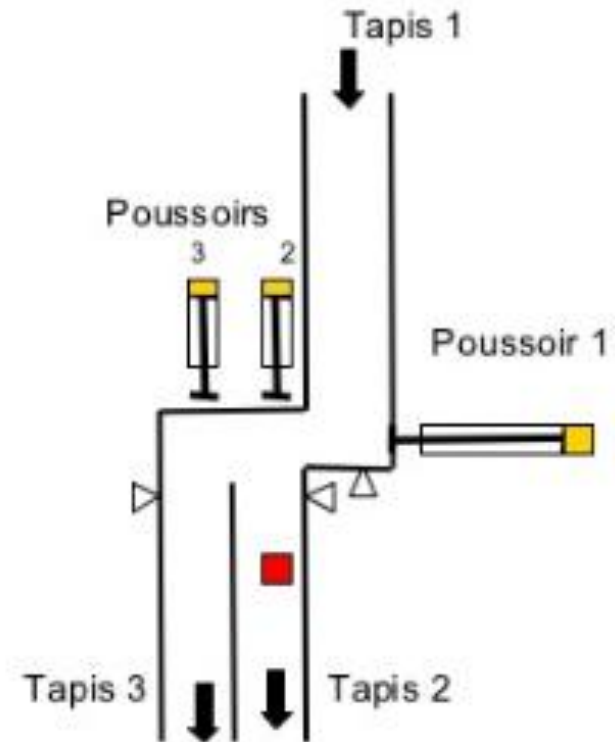
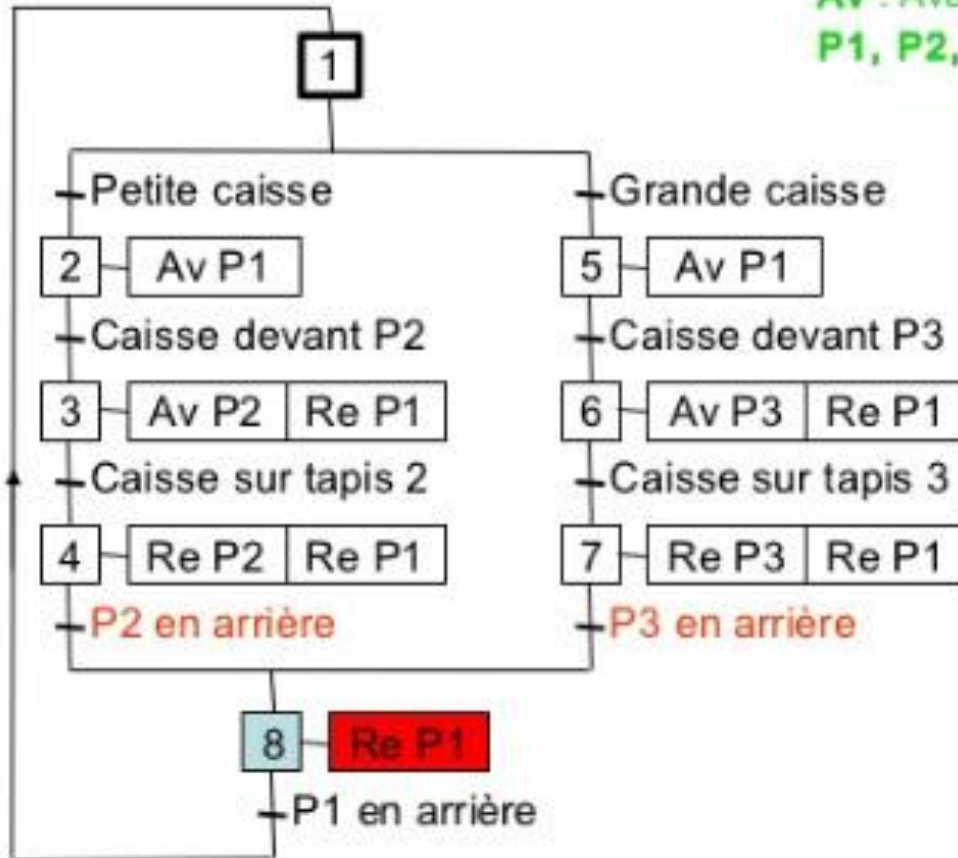
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



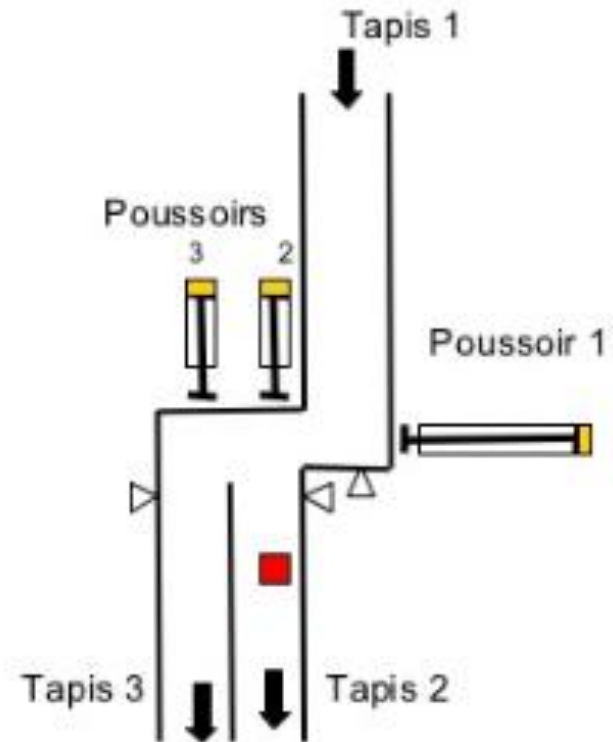
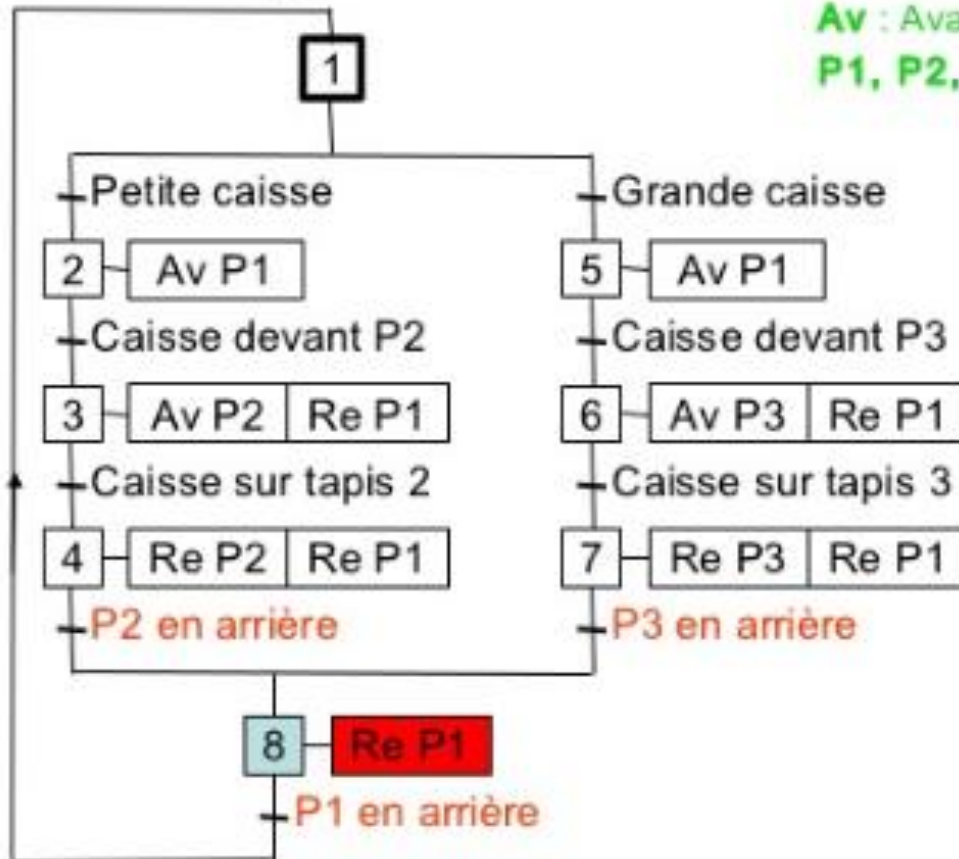
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



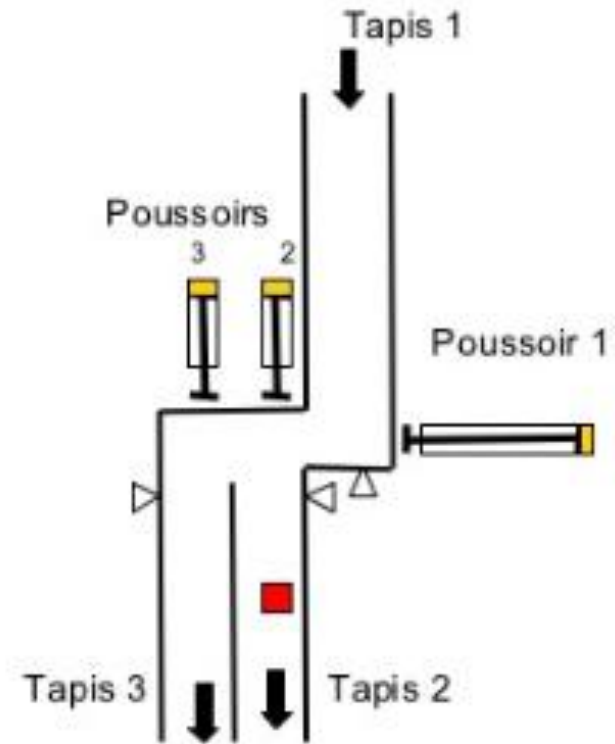
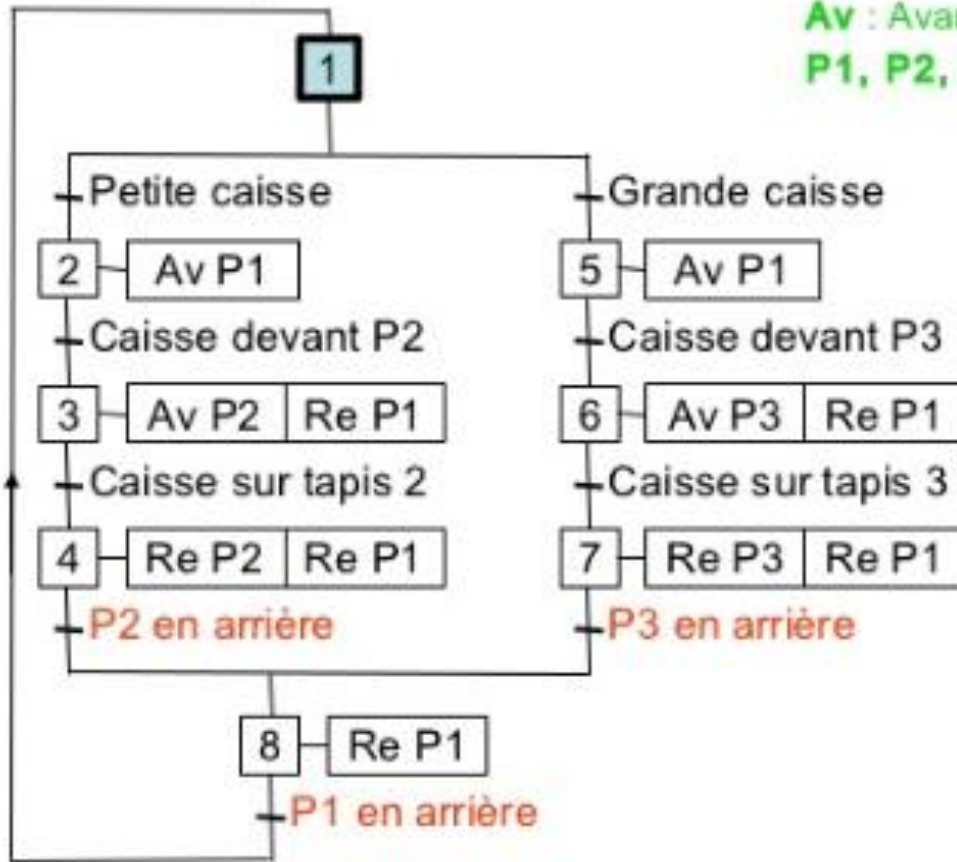
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



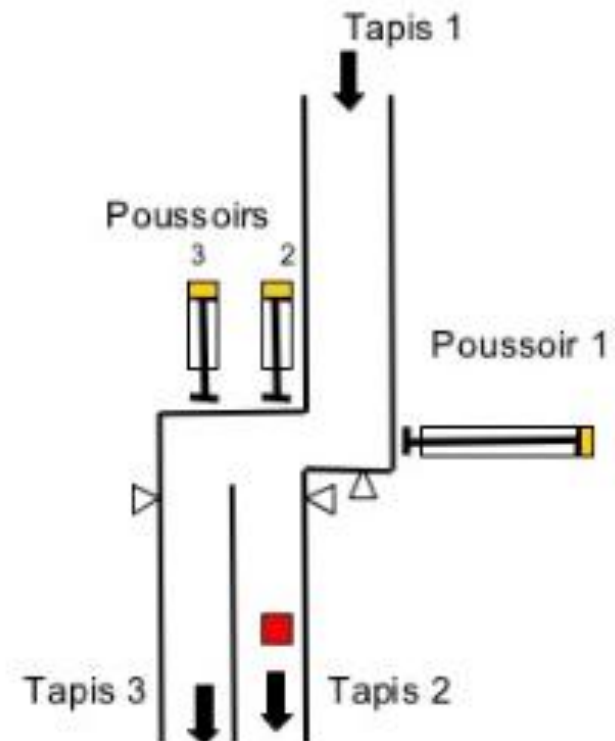
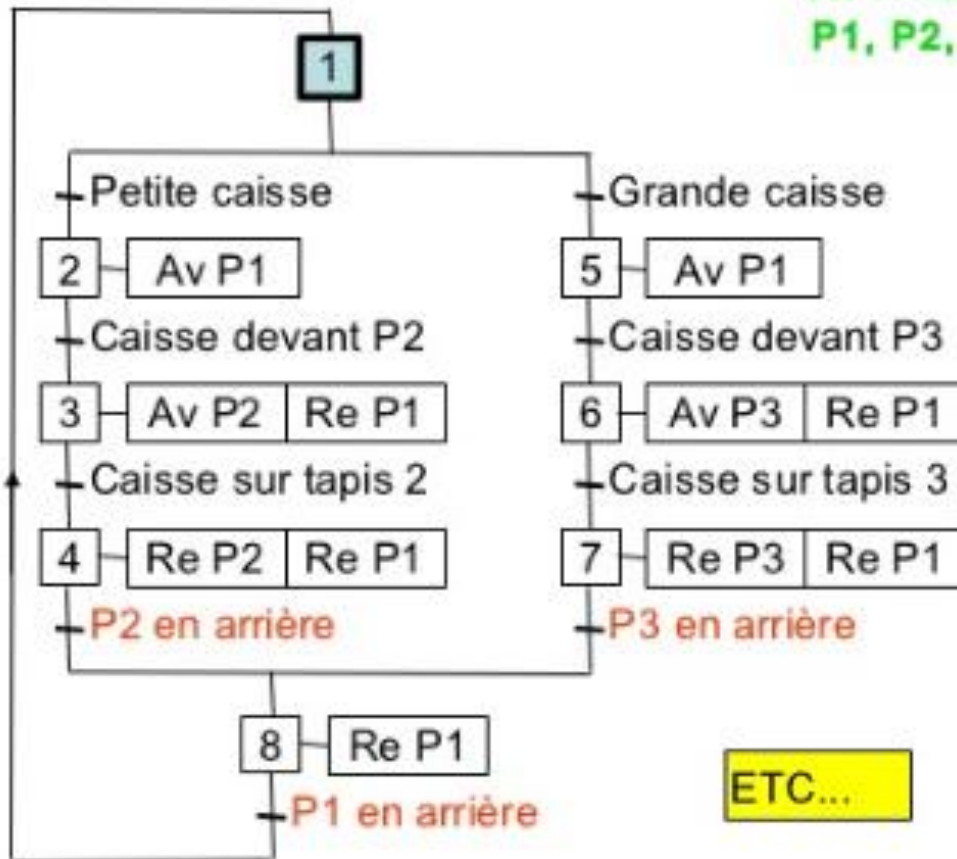
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



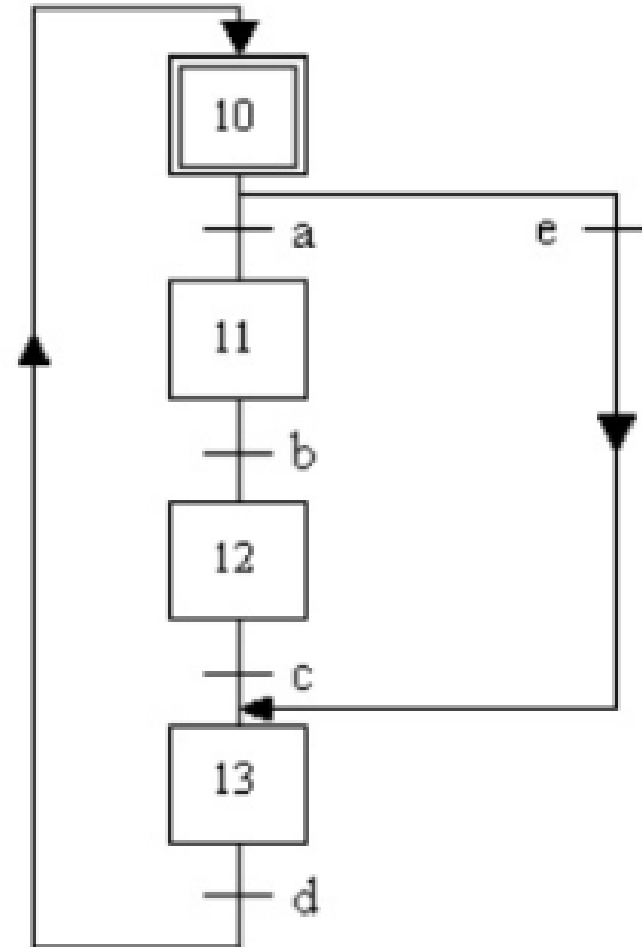
Exemple avec branchement OU (sélection de séquences)

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



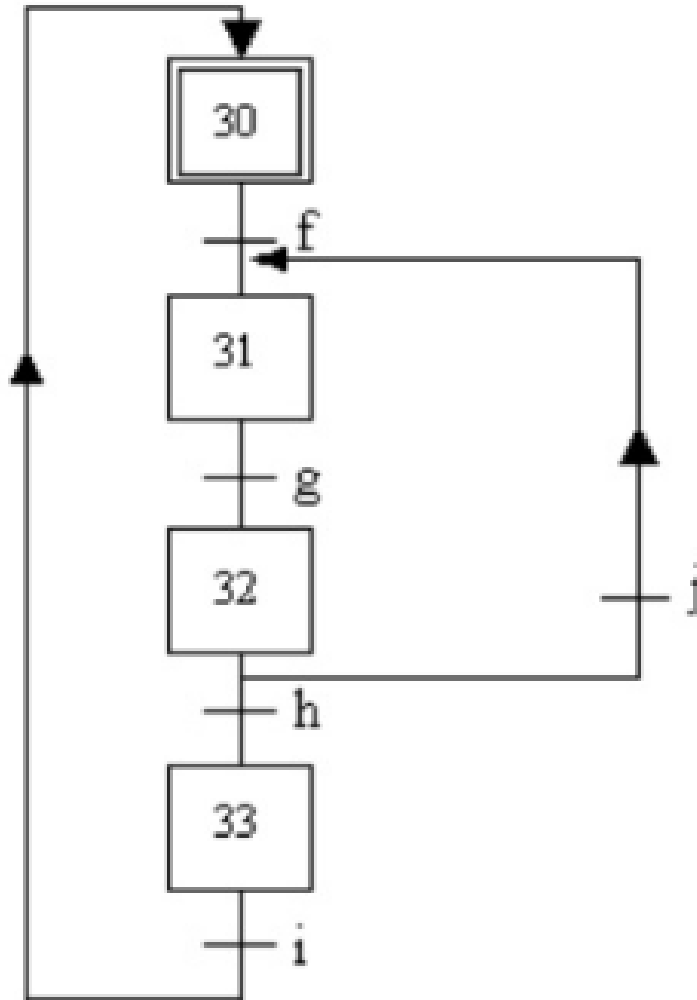
Saut en avant (saut de phase)

Le saut en avant permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions à réaliser deviennent inutiles.



Saut en arrière (reprise de phase)

Le saut en arrière permet de reprendre une séquence lorsque les actions à réaliser sont répétitives.



Gestion des automatismes

Structure d'un système automatisé

Tout système automatisé est structuré comme le diagramme ci-dessous.

Ecran

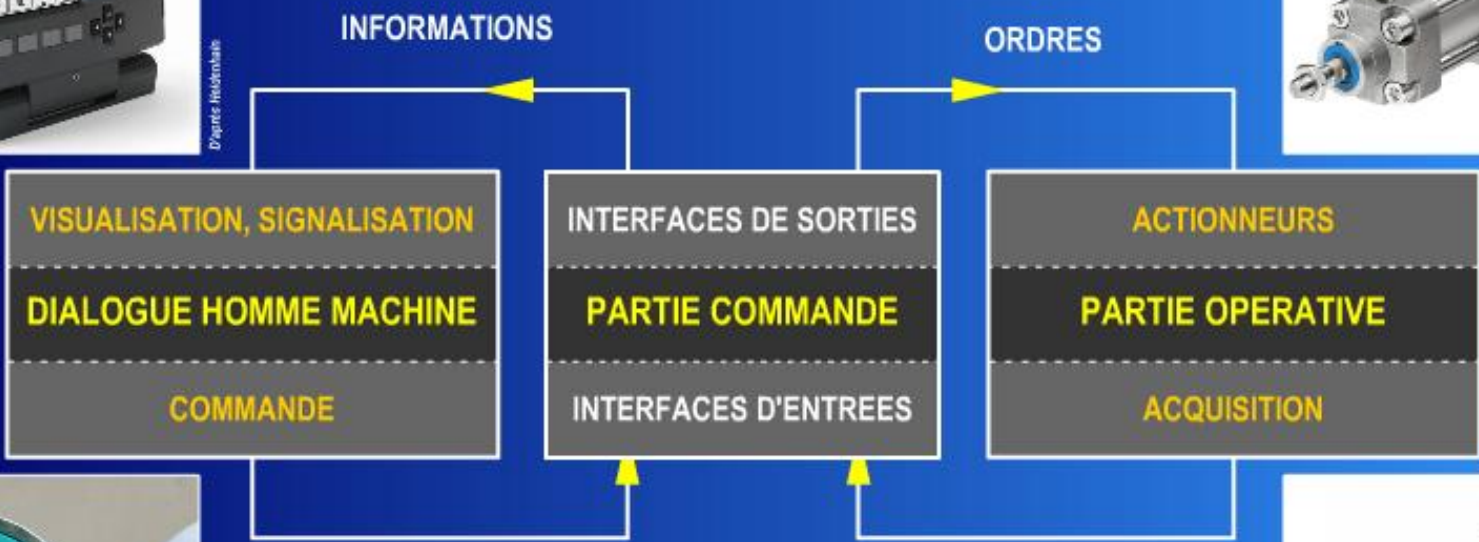


D'après Hydrobate

Verins



D'après Pisto



Bouton-poussoir

CONSIGNES

COMPTES-RENDUS

Voici quelques exemples de systèmes automatisés

UNITE DE PERCAGE	WAGONNET
PORTE COULISSANTE	PONT ROULANT
TRANSFERT DE PIECES	BAC DE DEGRAISSAGE



Jauge de contrainte

EXERCICES GRAFCET

1- La tête d'usinage

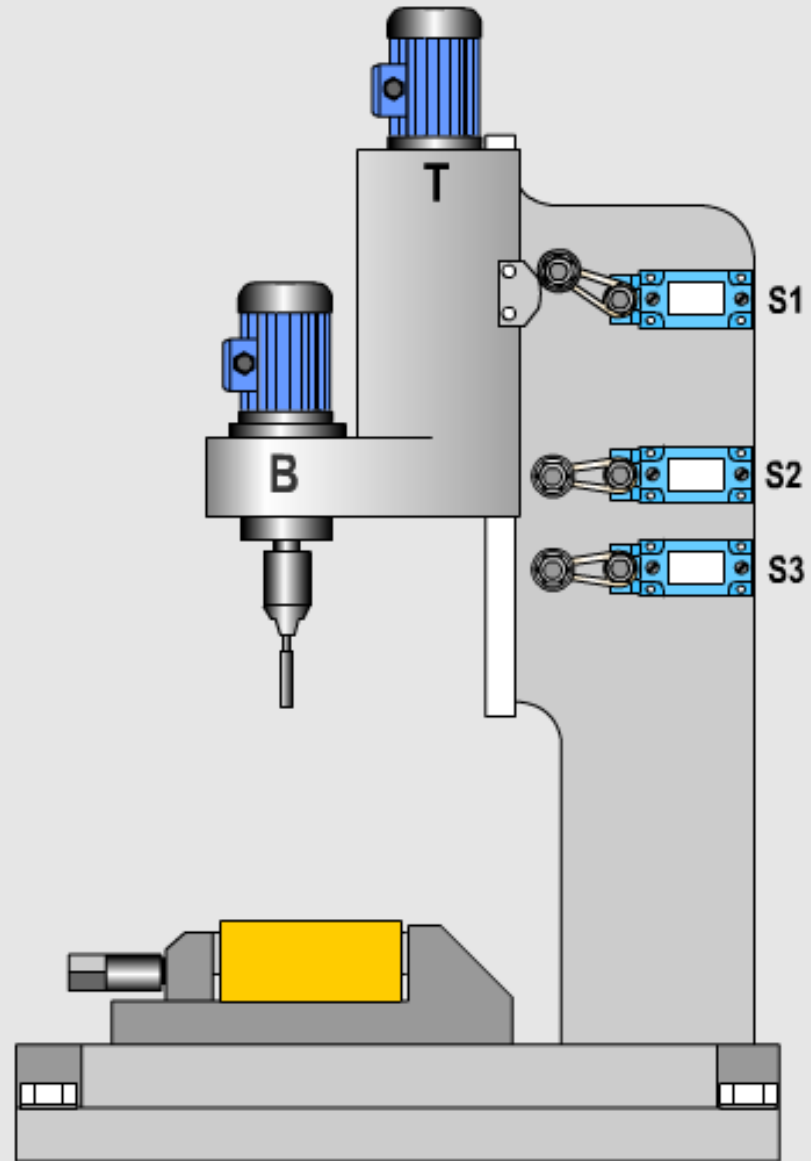
De **S1** à **S2**, le chariot descend à Grande Vitesse (**GV**).

De **S2** à **S3**, le chariot descend à Petite Vitesse (**PV**).

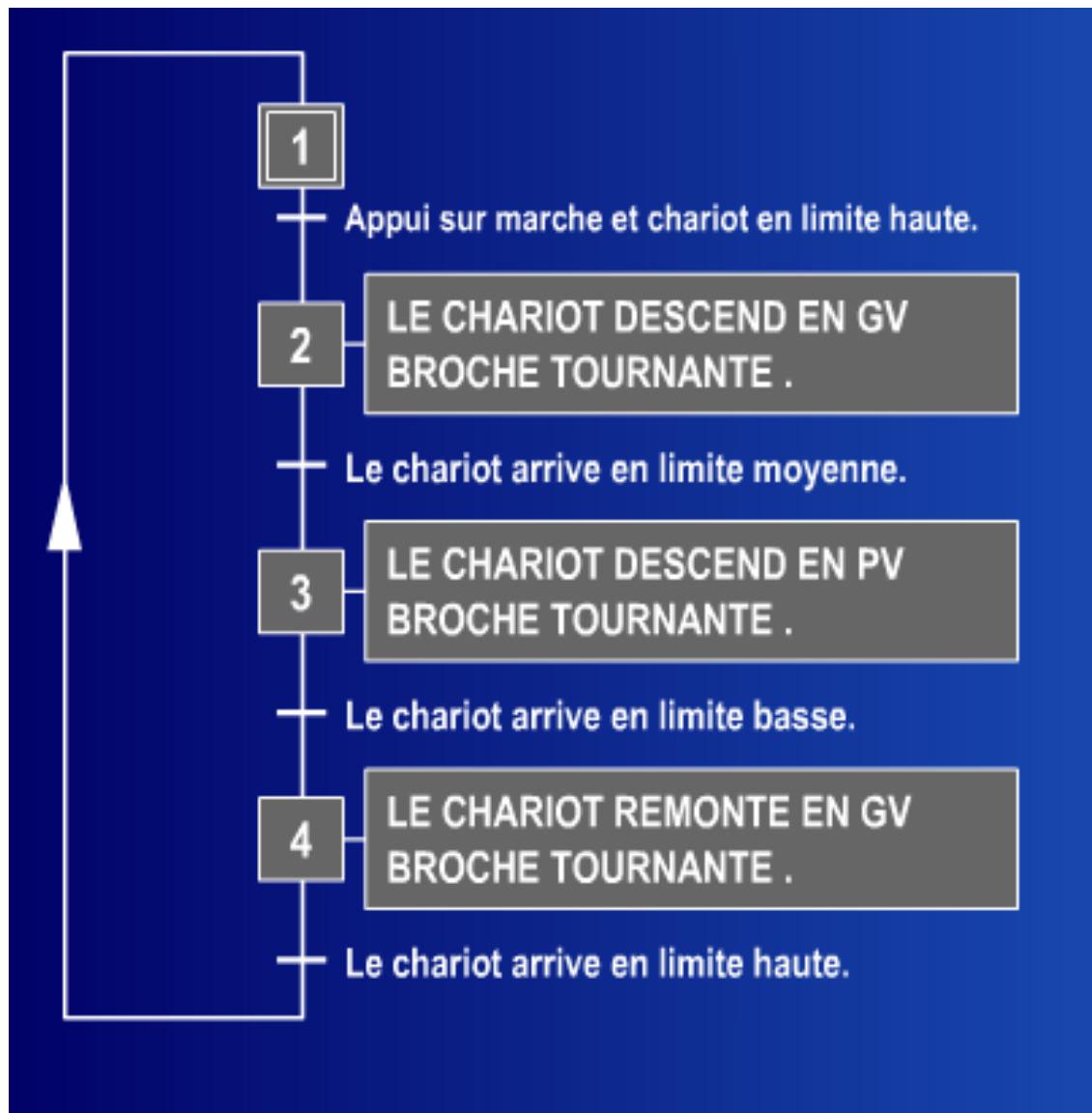
De **S3** à **S1**, le chariot remonte à Grande Vitesse (**GV**). Le passage sur **S2** est **inopérant**.

S4

Marche



GRAFSET FONTIONNEL - Tête d'usinage



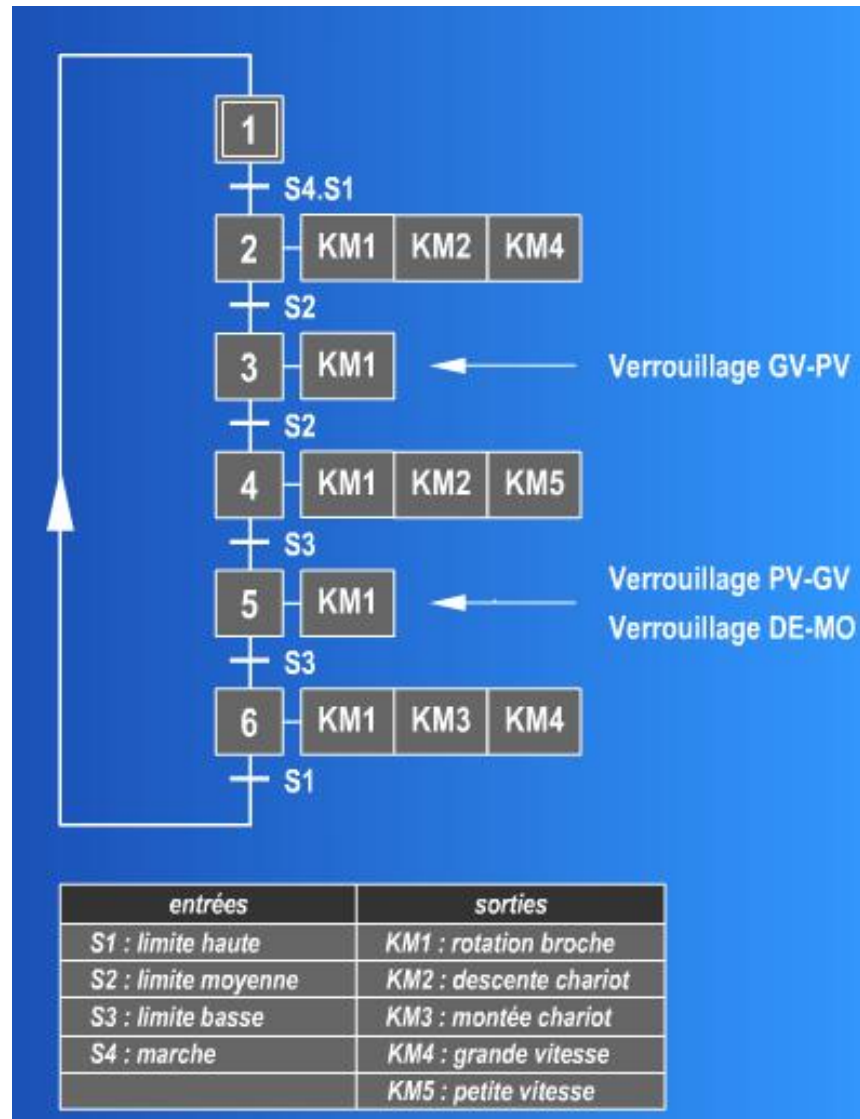
INDICATIONS GRAFCET TECHNOLOGIQUE

Tête d'usinage

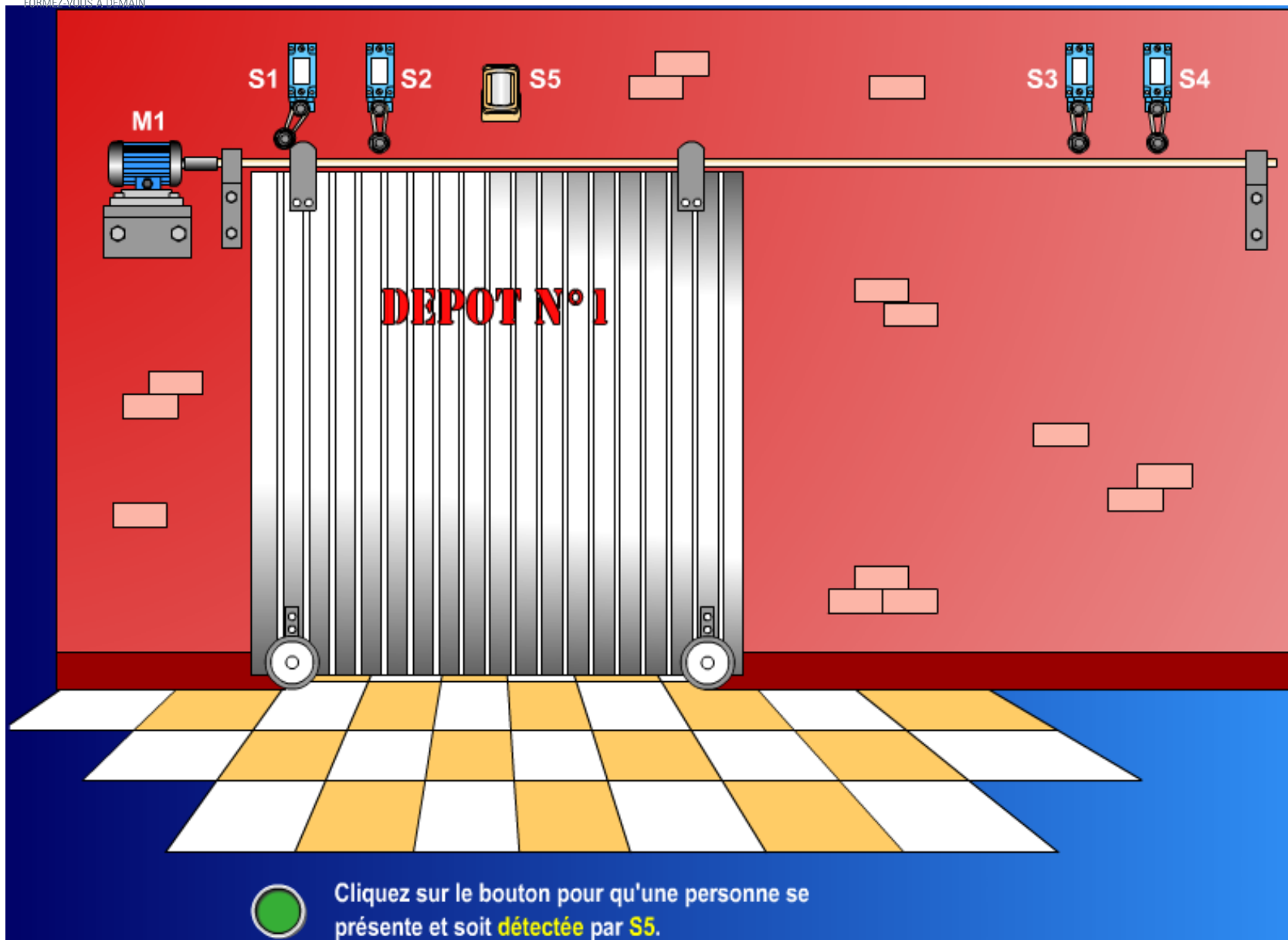
<i>entrées</i>	<i>sorties</i>
<i>S1 : limite haute</i>	<i>KM1 : rotation broche</i>
<i>S2 : limite moyenne</i>	<i>KM2 : descente chariot</i>
<i>S3 : limite basse</i>	<i>KM3 : montée chariot</i>
<i>S4 : marche</i>	<i>KM4 : grande vitesse</i>
	<i>KM5 : petite vitesse</i>

GRAFNET TECHNOLOGIQUE

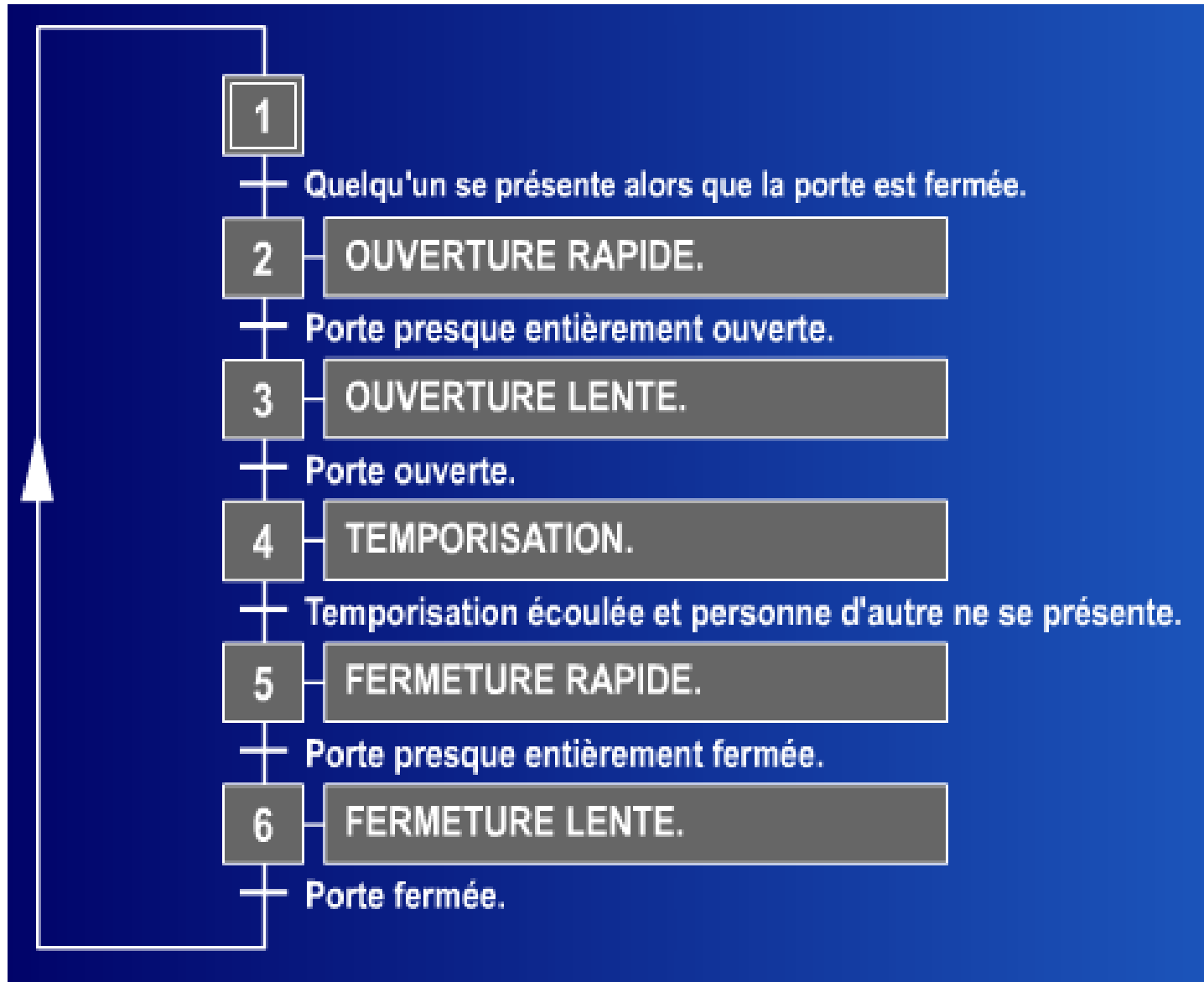
Tête d'usinage



2- La porte coulissante



GRAFSET FONTIONNEL - La porte coulissante



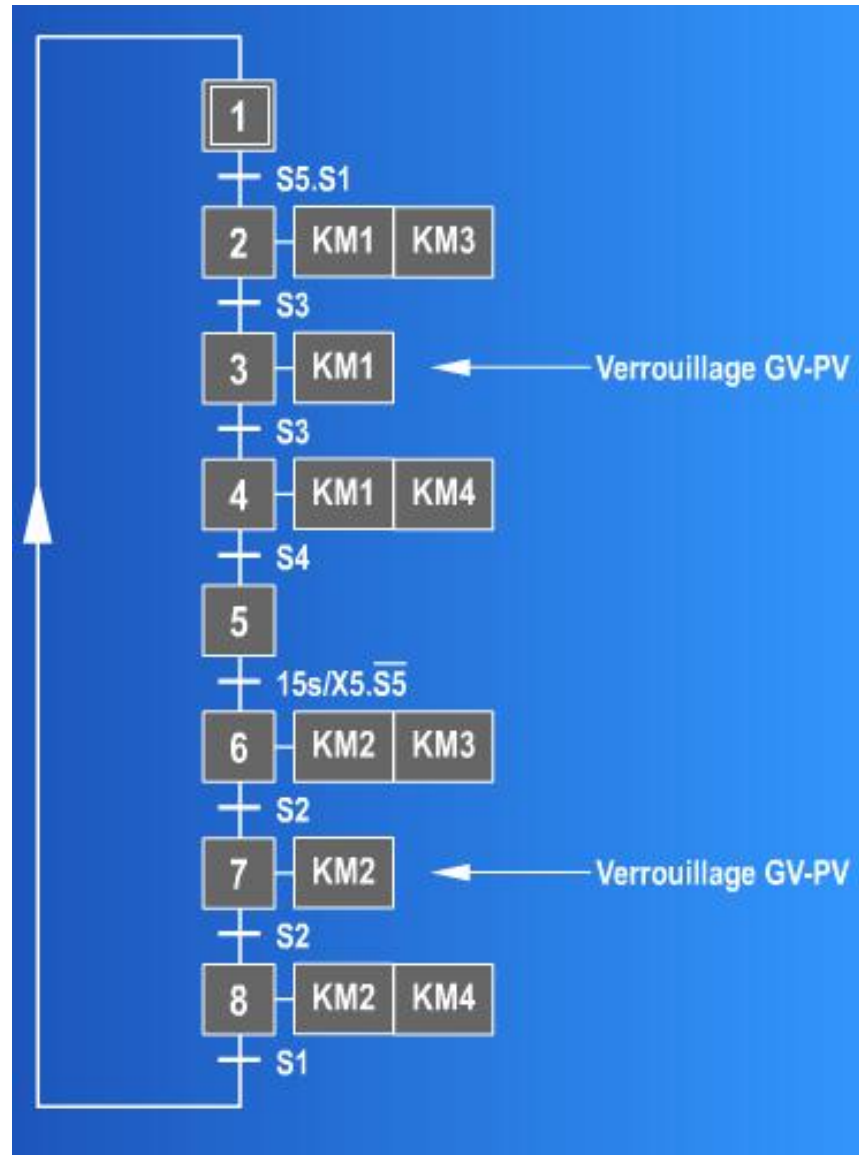
INDICATIONS GRAFCET TECHNOLOGIQUE

La porte coulissante

<i>entrées</i>	<i>sorties</i>
<i>S1 : porte fermée</i>	<i>KM1 : ouverture</i>
<i>S2 : début fermeture lente</i>	<i>KM2 : fermeture</i>
<i>S3 : début ouverture lente</i>	<i>KM3 : grande vitesse</i>
<i>S4 : porte ouverte</i>	<i>KM4 : petite vitesse</i>
<i>S5 : présence personne</i>	

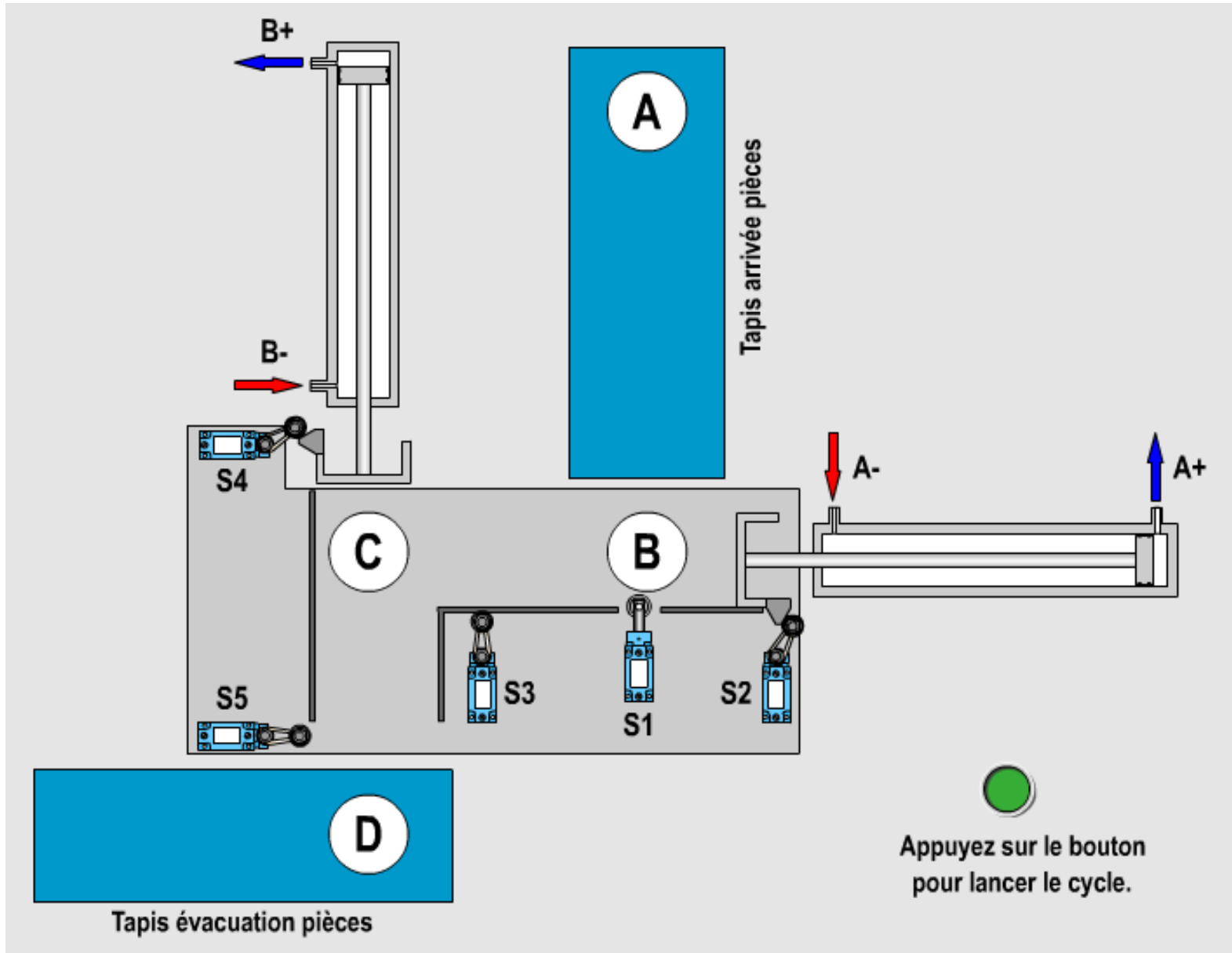
GRAFSET TECHNOLOGIQUE

La porte coulissante

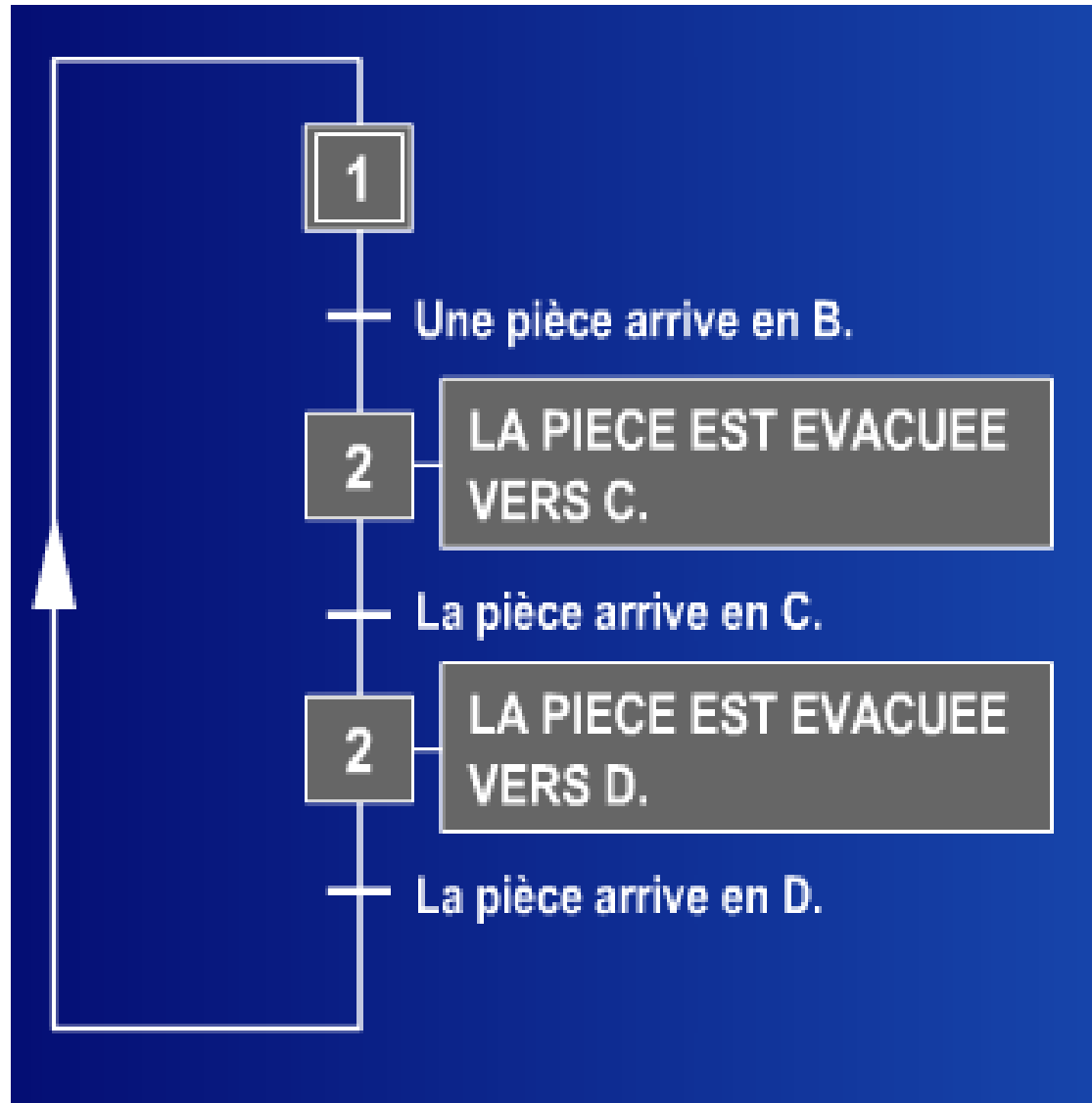


entrées	sorties
S1 : porte fermée	KM1 : ouverture
S2 : début fermeture lente	KM2 : fermeture
S3 : début ouverture lente	KM3 : grande vitesse
S4 : porte ouverte	KM4 : petite vitesse
S5 : présence personne	

3- Le transfert de pièces



GRAFNET FONCTIONNEL – Le transfert de pièces



INDICATIONS GRAFCET TECHNOLOGIQUE

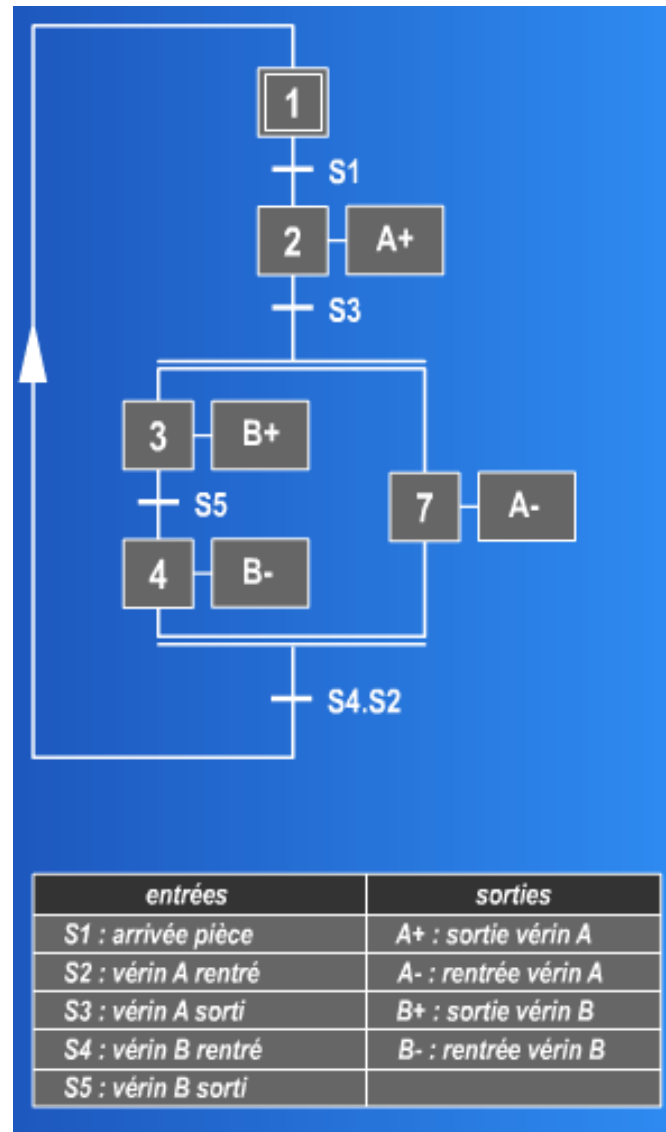
Le transfert de pièces

Remarque : si au lieu de vérins pneumatiques, nous avons des vérins électriques, il serait nécessaire de prévoir des **étapes d'attente** (ou de synchronisation) pour couper l'alimentation du plus rapide alors que le plus lent n'a pas encore terminé son mouvement.

<i>entrées</i>	<i>sorties</i>
<i>S1 : arrivée pièce</i>	<i>A+ : sortie vérin A</i>
<i>S2 : vérin A rentré</i>	<i>A- : rentrée vérin A</i>
<i>S3 : vérin A sorti</i>	<i>B+ : sortie vérin B</i>
<i>S4 : vérin B rentré</i>	<i>B- : rentrée vérin B</i>
<i>S5 : vérin B sorti</i>	

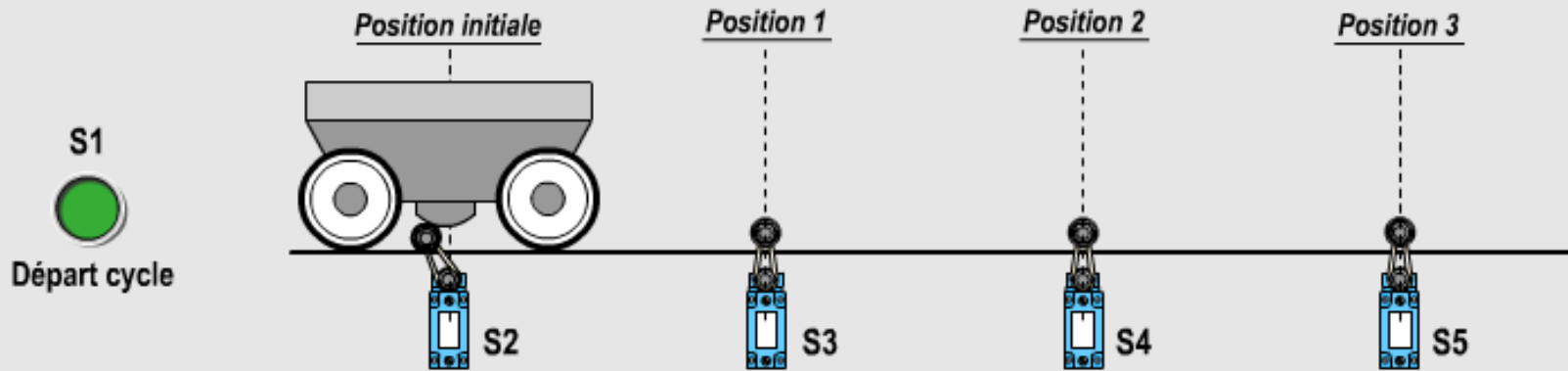
GRAFSET TECHNOLOGIQUE

Le transfert de pièces



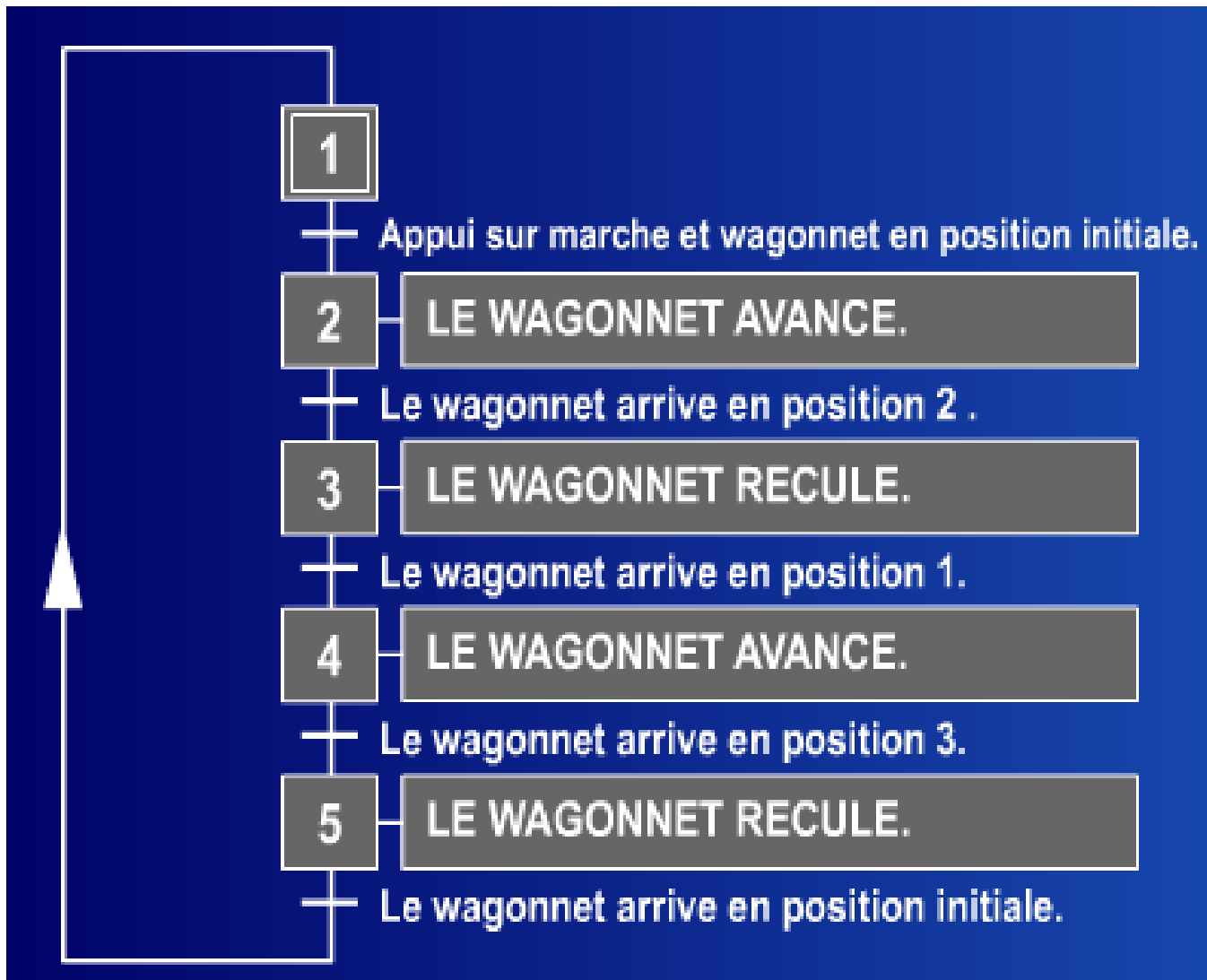
4- Le wagonnet

Le wagonnet représenté ci-dessous doit collecter des produits aux endroits matérialisés par les capteurs **S4**, **S3** et **S5** puis revenir à son point de départ. Chaque nouvel appui sur **S1** relance un nouveau cycle. Chaque actionnement de capteur inutile est **inopérant**.



Graphique du cycle :

GRAFNET FONCTIONNEL – Le wagonnet



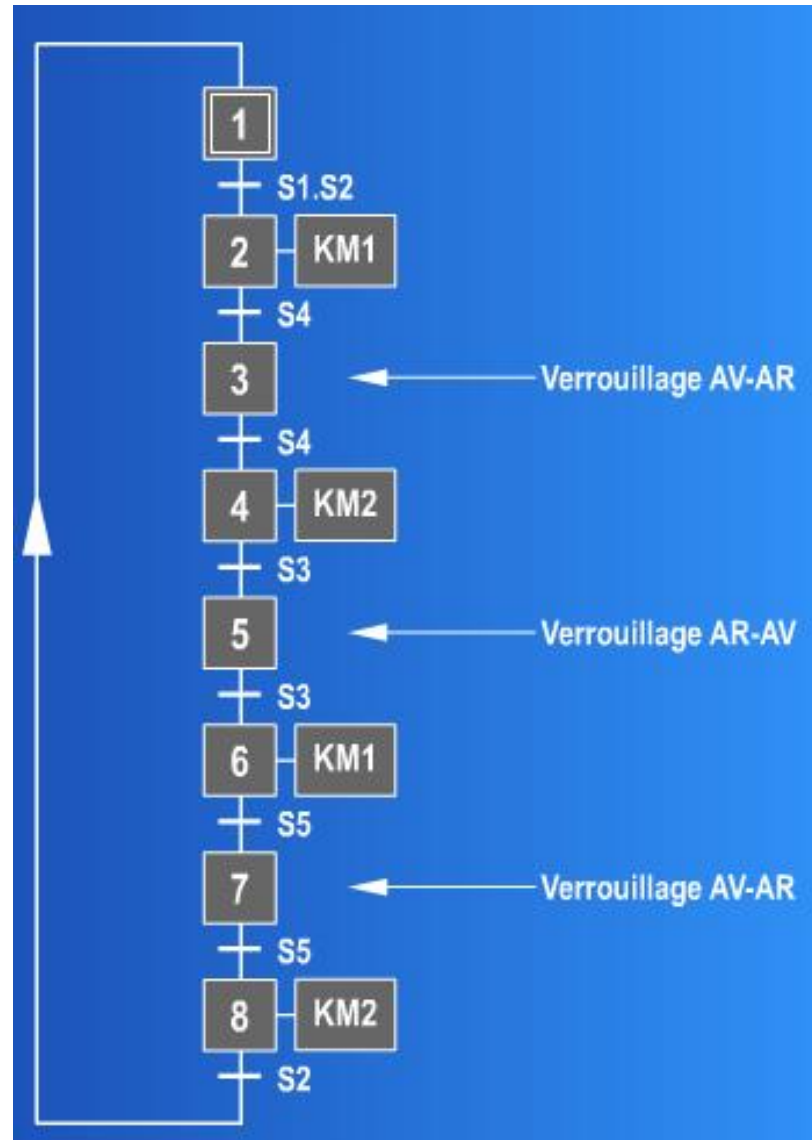
INDICATIONS GRAFCET TECHNOLOGIQUE

Le wagonnet

<i>entrées</i>	<i>sorties</i>
<i>S1 : départ cycle</i>	<i>KM1 : avance wagonnet</i>
<i>S2 : position initiale</i>	<i>KM2 : recul wagonnet</i>
<i>S3 : position 1</i>	
<i>S4 : position 2</i>	
<i>S5 : position 3</i>	

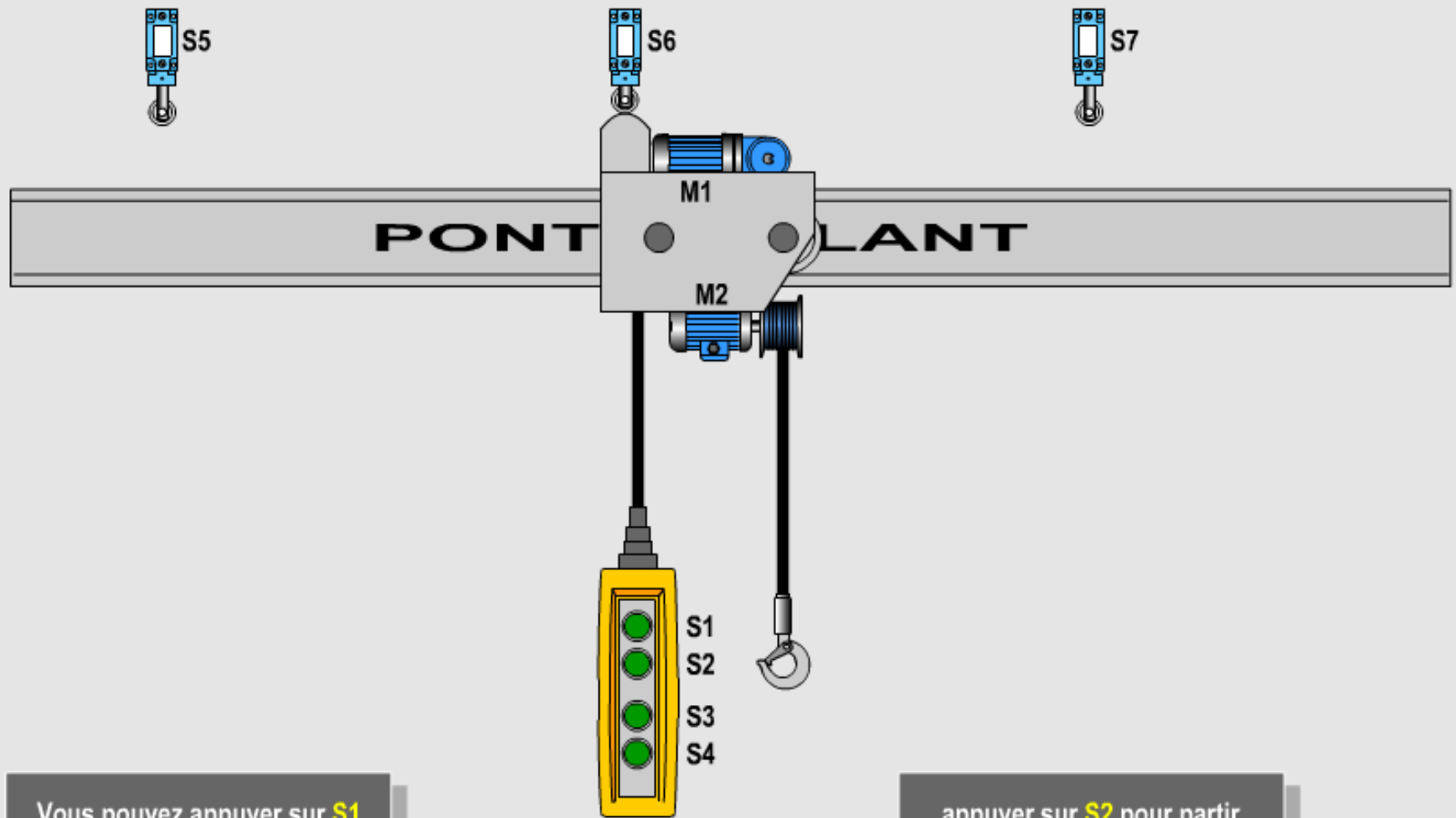
INDICATIONS GRAFCET TECHNOLOGIQUE

Le wagonnet



entrées	sorties
S1 : départ cycle	KM1 : avance wagonnet
S2 : position initiale	KM2 : recul wagonnet
S3 : position 1	
S4 : position 2	
S5 : position 3	

5- Le pont roulant

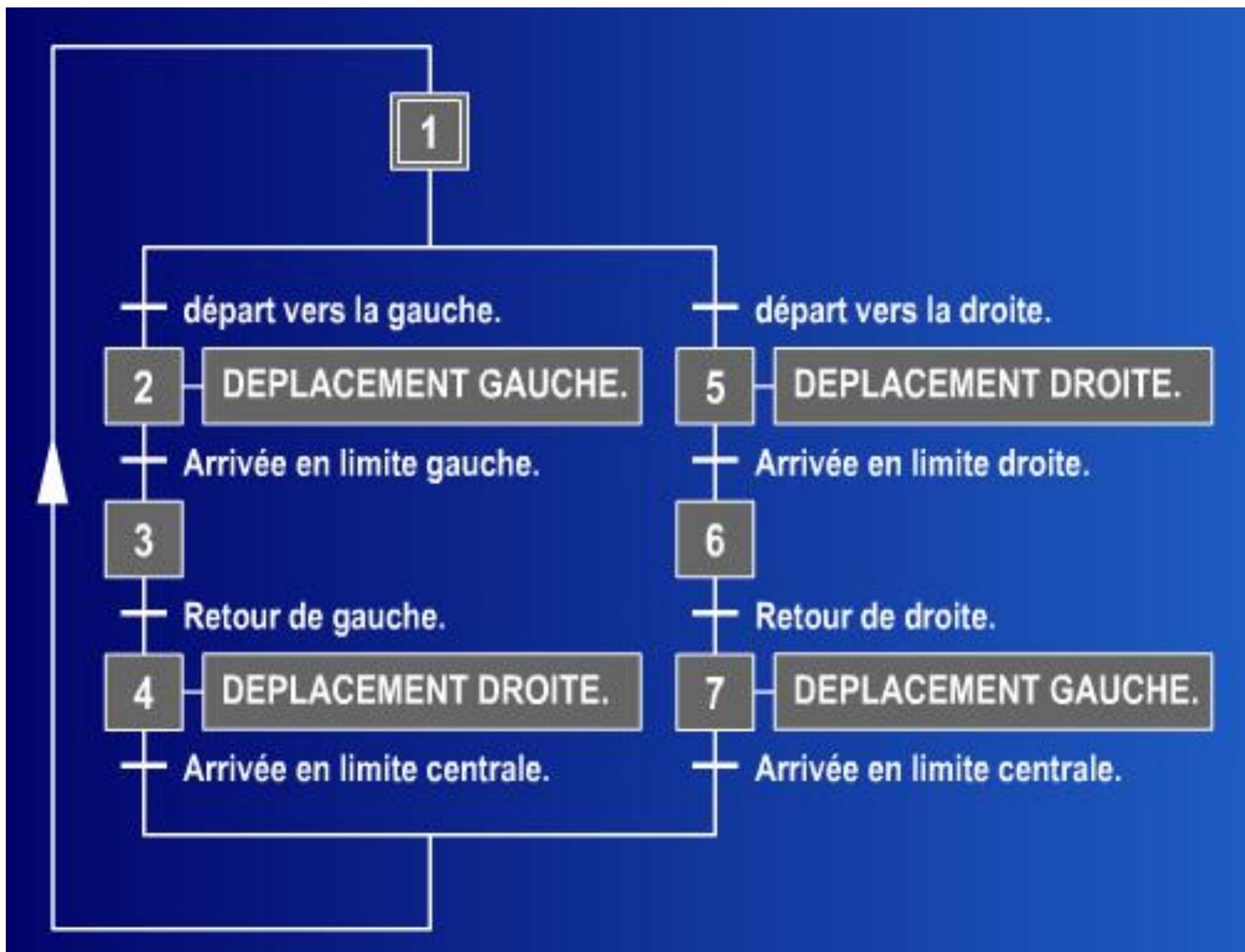


Vous pouvez appuyer sur **S1**
pour partir vers la **gauche**

OU

appuyer sur **S2** pour partir
vers la **droite**

GRAFSET FONCTIONNEL – Le pont roulant



INDICATIONS GRAFCET TECHNOLOGIQUE

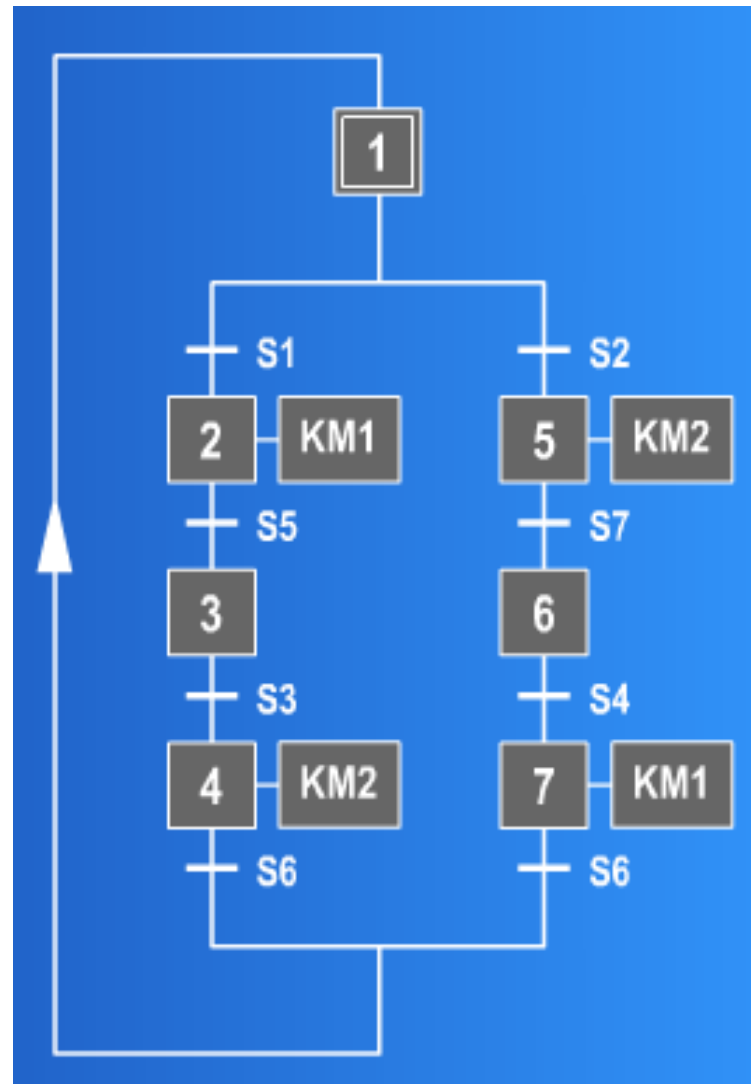
Le pont roulant

<i>entrées</i>	<i>sorties</i>
<i>S1 : départ vers gauche</i>	<i>KM1 : déplacement droite</i>
<i>S2 : départ vers droite</i>	<i>KM2 : déplacement gauche</i>
<i>S3 : retour de gauche</i>	
<i>S4 : retour de droite</i>	
<i>S5 : position gauche</i>	
<i>S6 : position centrale</i>	
<i>S7 : position droite</i>	

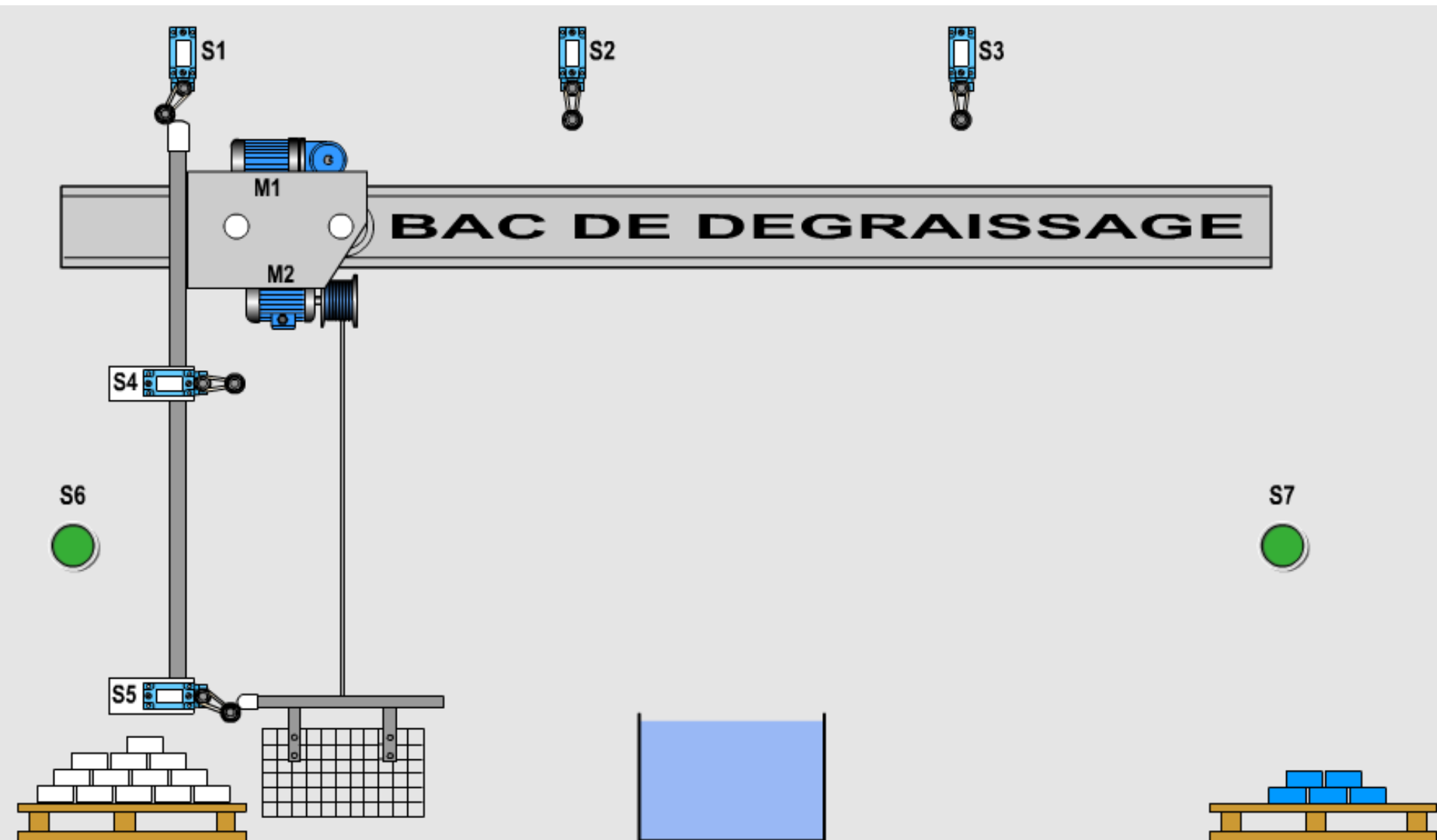
GRAFSET TECHNOLOGIQUE

Le pont roulant

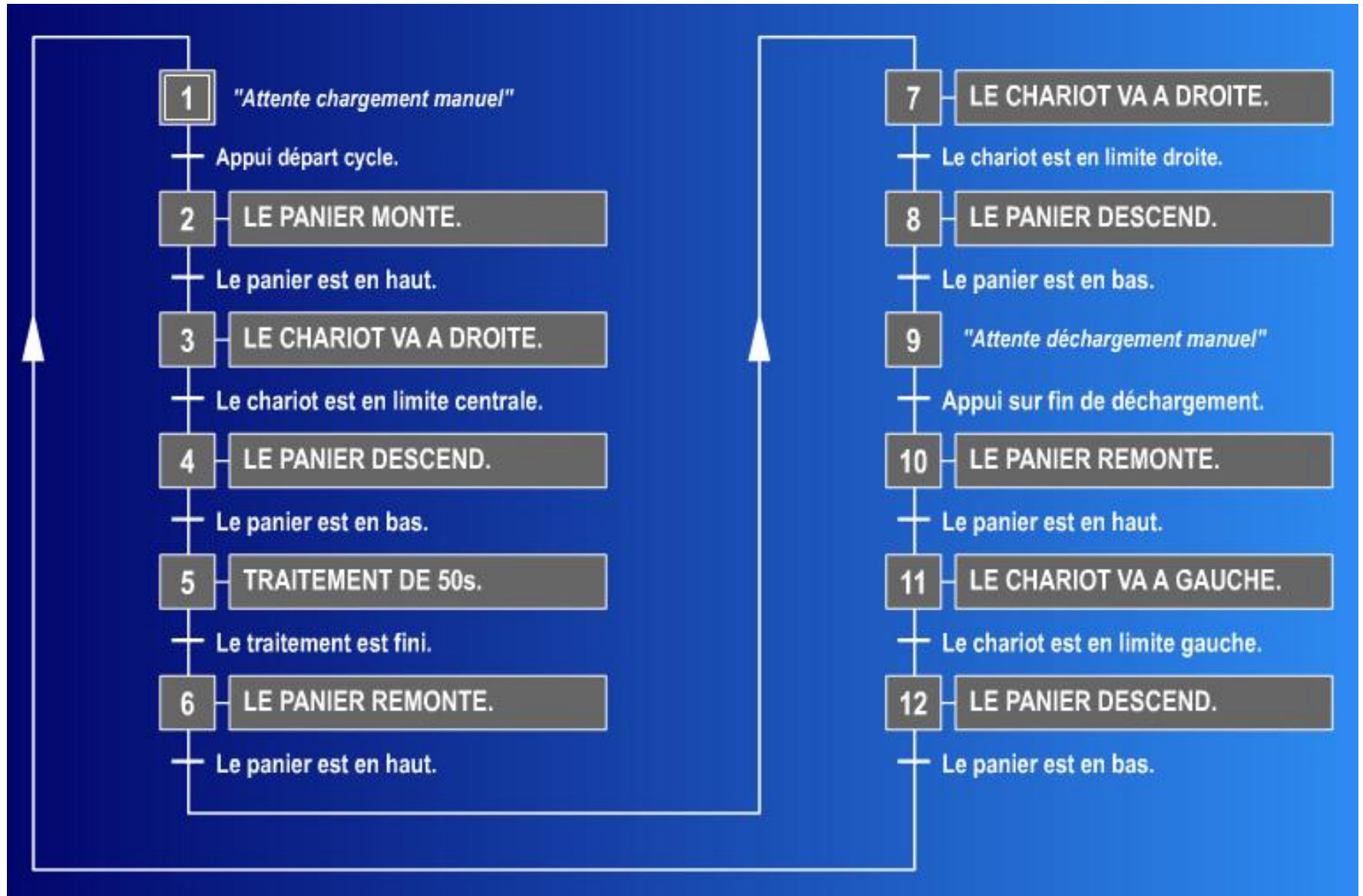
entrées	sorties
S1 : départ vers gauche	KM1 : déplacement droite
S2 : départ vers droite	KM2 : déplacement gauche
S3 : retour de gauche	
S4 : retour de droite	
S5 : position gauche	
S6 : position centrale	
S7 : position droite	



6- Le bac de dégraissage



GRAFNET FONCTIONNEL – Le bac de dégraissage



INDICATIONS GRAFCET TECHNOLOGIQUE

Le bac de dégraissage

entrées

S1 : position gauche

S2 : position centrale

S3 : position droite

S4 : position haute

S5 : position basse

S6 : départ cycle

S7 : fin de déchargement

sorties

KM1 : montée panier

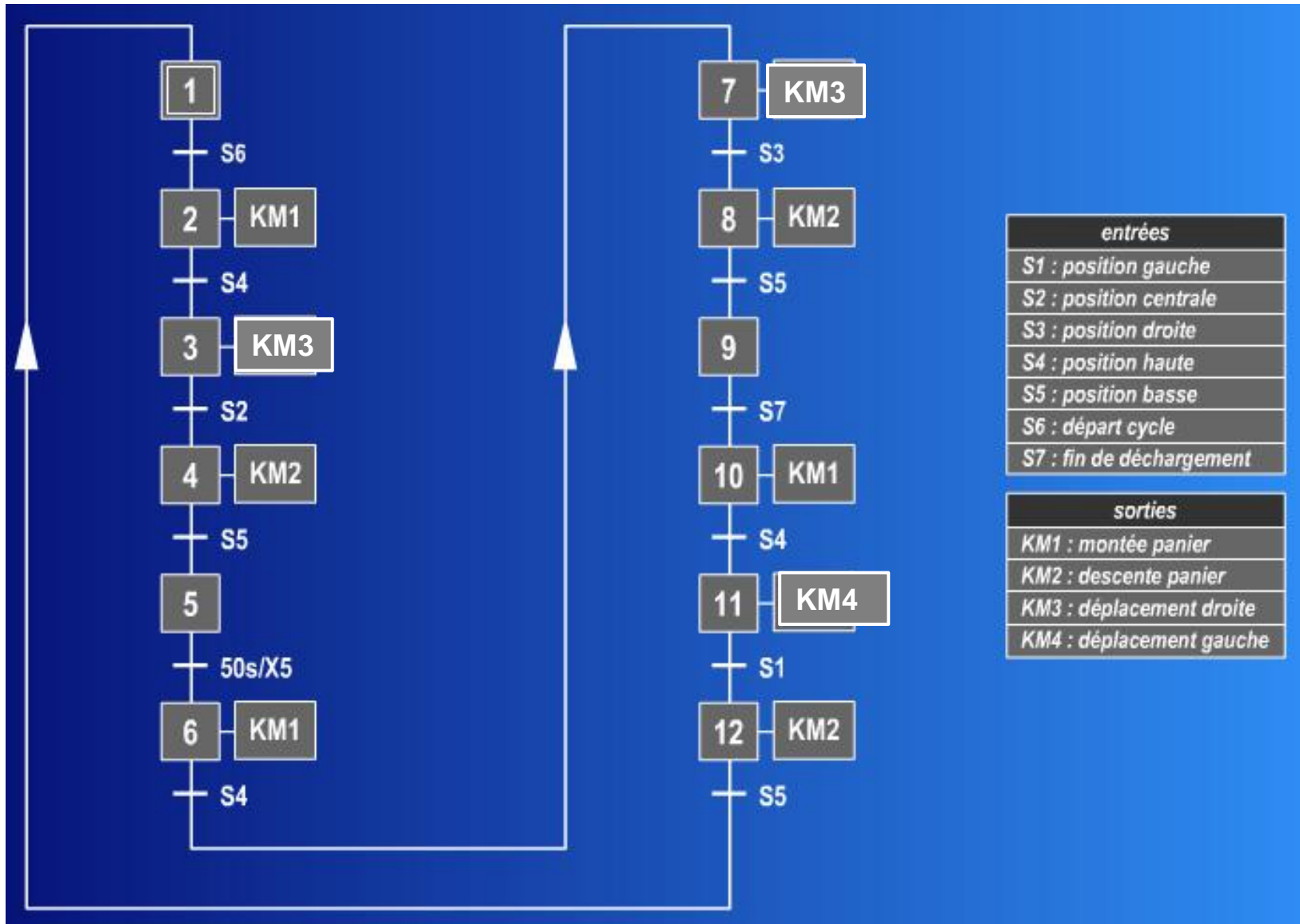
KM2 : descente panier

KM3 : déplacement droite

KM4 : déplacement gauche

GRAFSET TECHNOLOGIQUE

Le bac de dégraissage



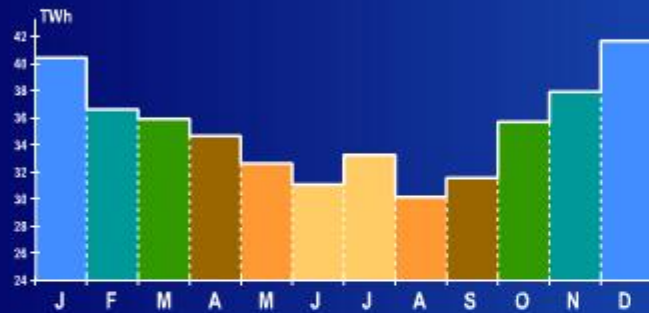
Chronogrammes

Définition et principe

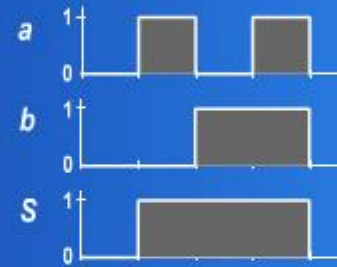
Un **chronogramme** est un graphique permettant de visualiser l'évolution d'une ou de plusieurs variables en **fonction du temps**. On peut, selon le processus à décrire, le trouver sous de multiples formes.

Quelques exemples de chronogrammes ...

Production d'énergie nucléaire française en 2003



Chronogramme de fonctionnement d'un OU logique



Chronogramme d'un commutateur à cames 12 positions à 4 contacts de sortie



Choisissez une position

Combinaison			
S1	S2	S3	S4
1	0	1	1

