

CHAPITRE 3 : LE GRAFCET

Dans cette partie, on étudiera un outil de modélisation graphique : le GRAFCET (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape/**T**ransition). C'est un outil graphique de description des comportements d'un système logique. Il est fréquemment utilisé pour la mise en œuvre des automates programmables industriels (API).

I- conventions et règles :

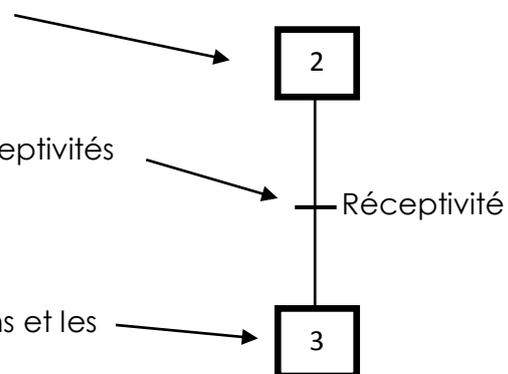
Le GRAFCET est un outil de représentation graphique permettant de représenter **le cahier des charges** d'un automatisme. Cette représentation est normalisée : **Norme Française NF C 03-190**.

Le fonctionnement d'un système automatisé peut être représenté graphiquement par un ensemble :

- D'étapes auxquelles sont associées des actions.
- De transitions auxquelles sont associées des réceptivités.
- Des liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

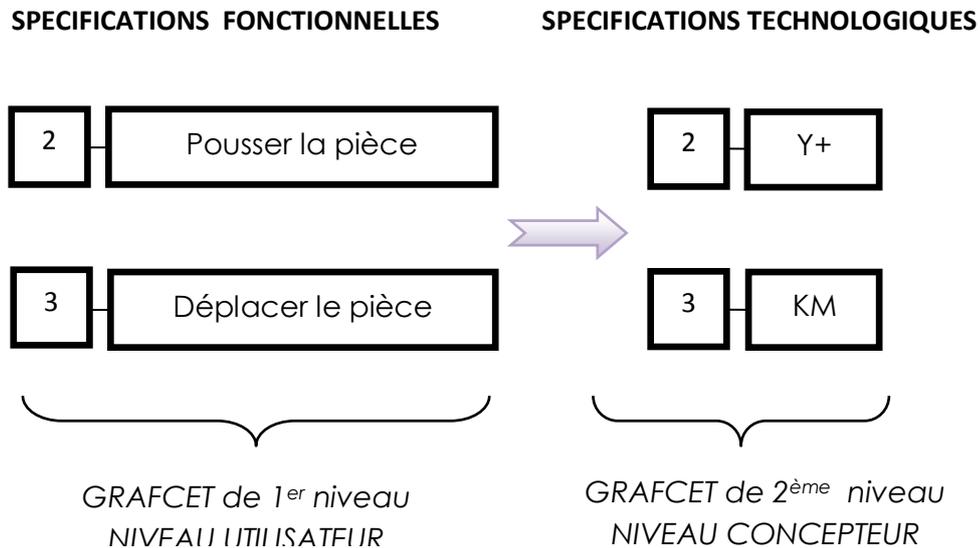
I-1 Principe de base

- **Des ETAPES**
Auxquelles sont associées des actions
- **Des TRANSITIONS**
Auxquelles sont associées des réceptivités (conditions d'évolutions)
- **Des LIAISONS ORIENTEES**
Qui relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes



I-2 Actions associées à l'étape :

On précise pour chaque étape, à l'intérieur d'un rectangle, les actions à effectuer lorsque l'étape est active.



Le GRAFCET de 1^{er} niveau permet une description qui présume ni des choix technologiques de la partie opérative (capteur, pré-actionneurs, actionneurs), ni de la partie commande. C'est un outil de dialogue entre l'utilisateur et le concepteur.

I-3 transition :

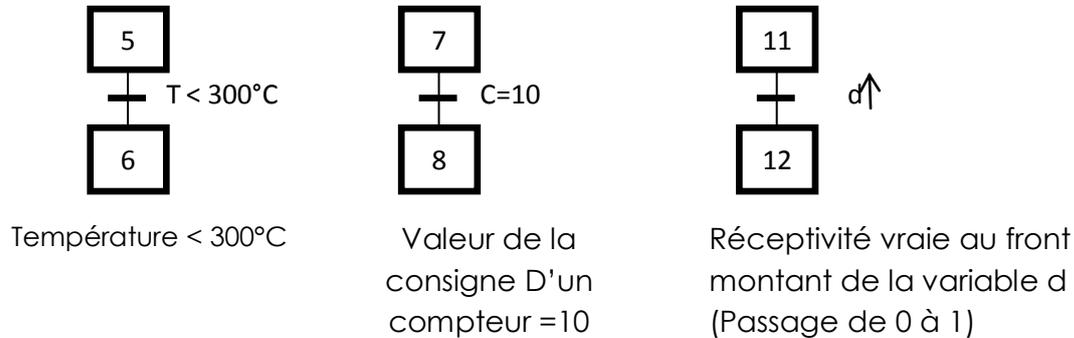
Une transition indique la possibilité d'évolution d'une étape à l'étape suivante. A chaque transition, on associe une ou plusieurs conditions logiques qui traduisent la notion de réceptivité.



La réceptivité est une fonction combinatoire d'informations telles que :

- Etats de capteurs.

- Action de boutons-poussoirs par l'opérateur.
- Action d'un temporisateur, d'un compteur.
- Etat actif ou inactif d'autres étapes.
- Comparaison d'une valeur analogique



I.4 Liaisons orientées

Les liaisons indiquent les voies d'évolution du GRAFCET. Dans le cas général, les liaisons qui se font du haut vers le bas ne comportent pas de flèches. Dans les autres cas, il faut utiliser des flèches.

I.5 Les règles d'évolution

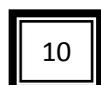
La normalisation

- France NF C03-190 (juin 82)
- INTERNATIONAL CEI 848 (Décembre 88)

Définit cinq règles d'évolution

Règle 1 : (Situation initiale)

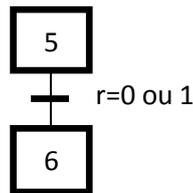
La situation initiale caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative et correspond aux étapes actives au début du fonctionnement.



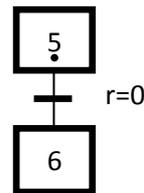
Règle 2 : (Franchissement d'une transition)

Une transition est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Le franchissement ne peut produire :

- Que lorsque cette transition est validée
- Et que la réceptivité associée est vraie



Transition non validée

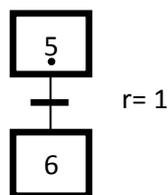


Transition validée

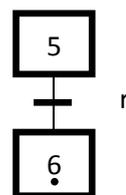
Règle 3 : (Evolution des étapes actives)

Le franchissement d'une transition provoque simultanément :

- L'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.
- La désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition.



Franchissable



Franchie

Règle 4 : (Evolution simultanées)

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

Cette règle de franchissement permet notamment de décomposer un GRAFCET en plusieurs diagrammes indépendants tout en assurant de façon rigoureuse leur interconnexion.



Règle 5 : (Activation et désactivation simultanées)

Si au cours du fonctionnement de l'automatisme une même étape doit être simultanément activée et désactivée, elle reste active.

II- Notions de séquence:

II-1 actions aux ETAPES :

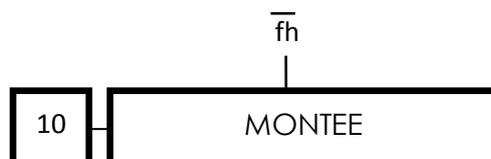
II-1-1 actions continues

Une action est dite continue lorsque la durée de cette action correspond à la durée d'activation de l'étape. Plusieurs actions continues peuvent être associées à une même étape.



II-1-2 actions conditionnelles

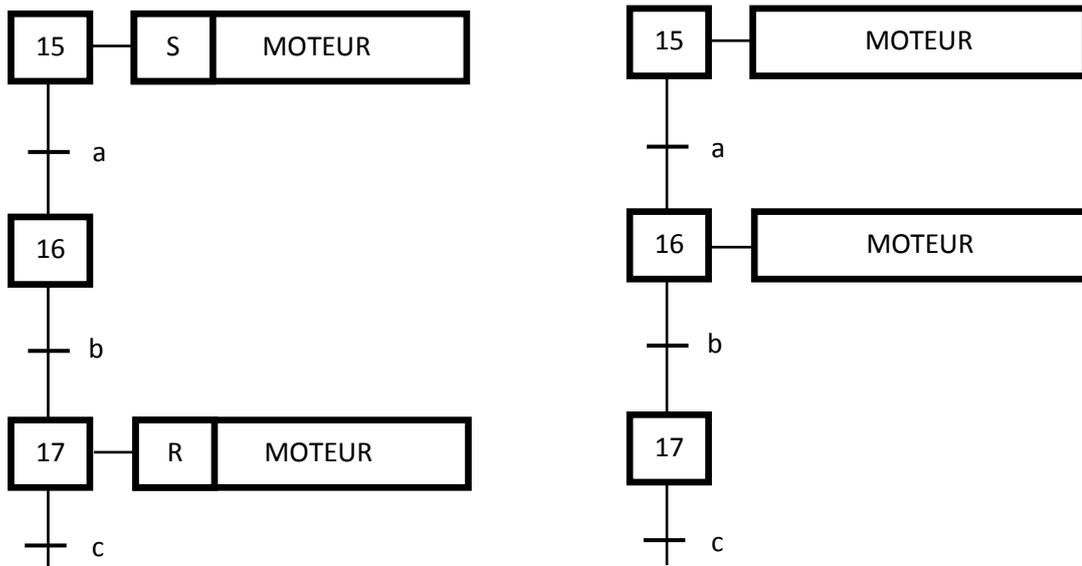
L'exécution de l'action est soumise à une condition logique notée à coté d'un trait vertical au-dessus de l'action.



A l'étape 10, la montée est effectuée tant que l'on n'a pas atteint le fin de course fh

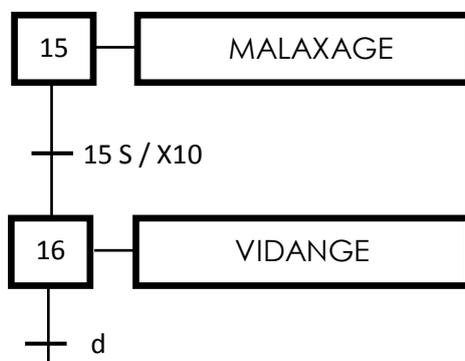
II-1-3 actions mémorisées

Lorsqu'une action doit être maintenue pendant plusieurs étapes, il suffit d'utiliser les symboles S (Set) et R (Reset) ou de la répéter dans toutes les étapes concernées.



II-1-4 durée d'activité d'étape

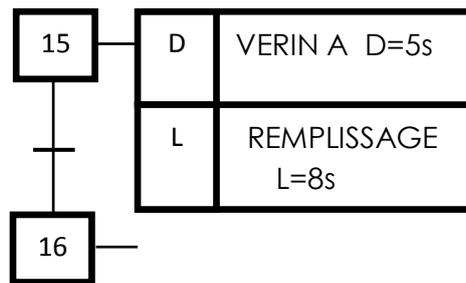
Pour maintenir une étape active et ses actions associées pendant un certain temps ($t = 15S$), il suffit d'utiliser le signal binaire de sortie de l'opérateur à retard comme réceptivité.



II-1-5 actions retardées ou limitées

L'action peut être retardée, c'est à dire que la condition d'assignation n'est vraie qu'après une durée D depuis l'activation de l'étape. Comme elle peut être limitée dans le temps, C'est à dire que la condition d'assignation n'est vraie que pendant une durée L depuis l'activation de l'étape.

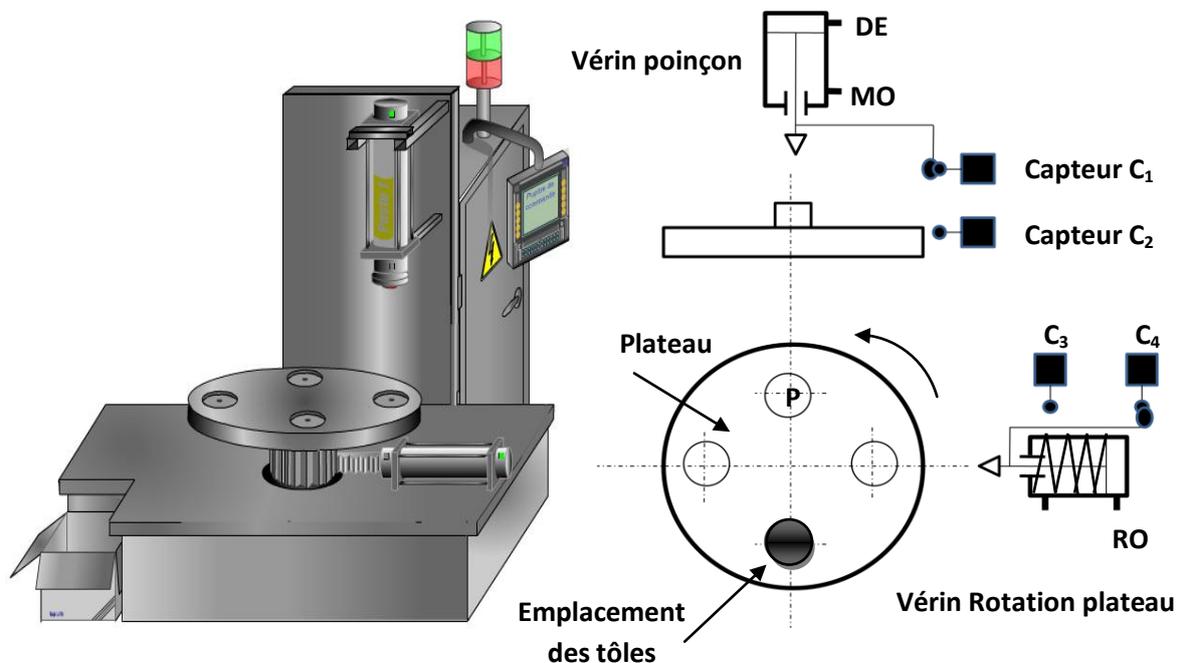
L'action VERIN A est retardée de 5 secondes et l'action REMPLISSAGE est limitée à 8 secondes à partir de l'activation de l'étape 12.



Exemple :

On se propose de d écrire un GRAFCET d'une machine de poinçonnage des tôles à commande automatisé par un API

Comme le montre la figure suivante :



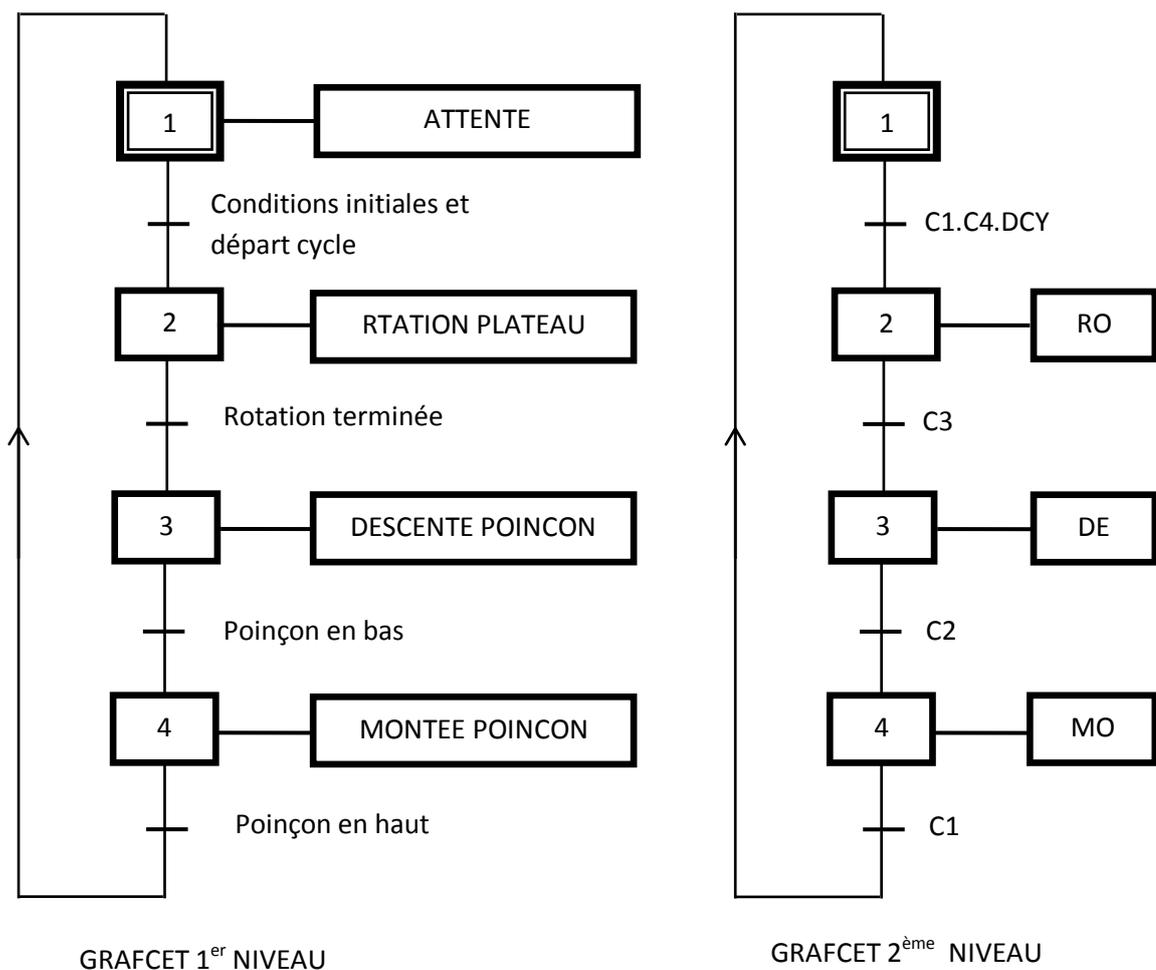
Cette machine permet uniquement de poinçonner des tôles de forme circulaire le chargement et le déchargement s'effectue manuellement. Le démarrage de la machine se fait par un bouton poussoir **DCY**.

Le vérin rotation plateau **VR** est de type simple effet permet de tourner le plateau d'un quart de rotation par la sortie de son tige. Le recule de la tige n'a aucun effet de rotation. Le vérin poinçon **VP** permet de poinçonner la pièce se trouvant à l'emplacement ' P ' par la sortie de son tige.

Cahier de charge de la machine :

- Le système se trouvant en position initiale, l'appui sur le bouton de « départ cycle » ordonne la rotation du plateau
- Une fois la rotation achevée, descente du poinçon.
- Une fois le poinçon en position basse, remontée du poinçon
- Une fois le poinçon revenu en position haute, attente d'un nouveau « départ cycle ».

Les GRAFCET respectivement de niveau 1 et niveau 2 conformément au cahier de charge sont représentés à la figure suivante



II-2 sélection de séquences :

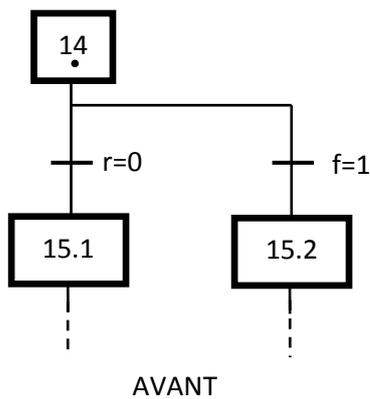
Une sélection de séquence est un choix d'évolution entre une ou plusieurs séquences possibles à partir d'une ou plusieurs étapes.

Il est impérative de ne sélectionner qu'une seule évolution et ceci en utilisant des conditions logiques exclusives.

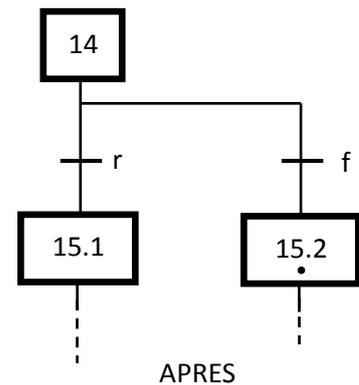
Cette exclusivité peut être

- Soit d'ordre physique (incompatibilité mécanique ou temporelle)
- Soit d'ordre logique dans l'écriture des réceptivités.

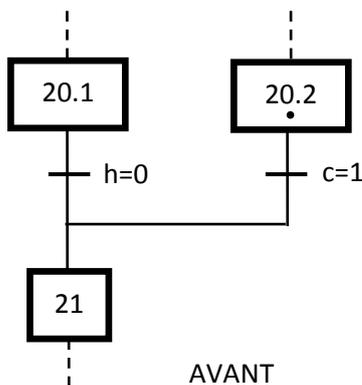
II-2-1 Début de sélection (divergence en OU):



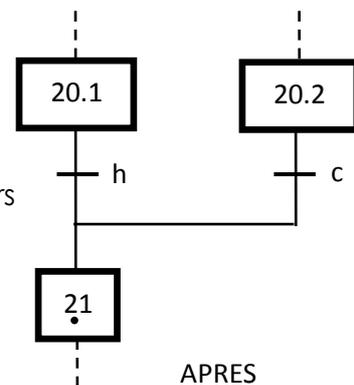
Sur l'exemple, l'étape 14 se trouvant active et la réceptivité « f » étant vraie, l'évolution s'effectue vers l'étape 15.2



II-2-2 Fin de sélection (convergence en OU):



Lorsque l'étape 20.2 est active et la réceptivité « c » est vraie « c=1 », l'évolution s'effectue vers l'étape 21.

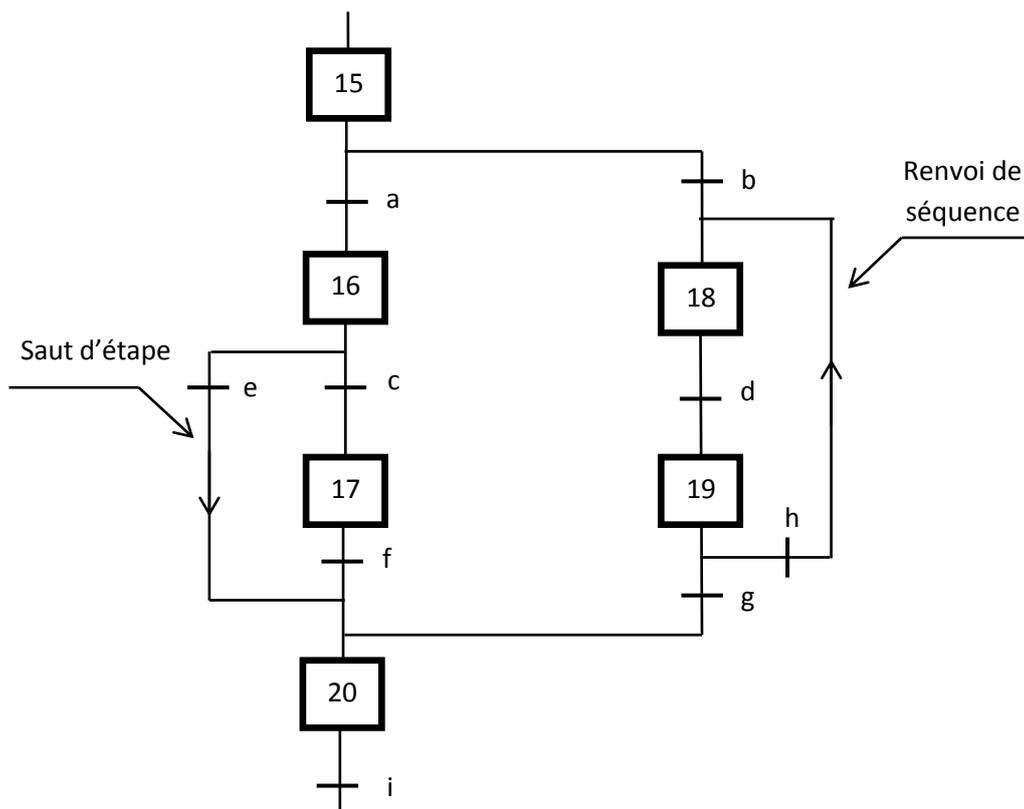


II-2-3 Saut d'étape et reprise de séquence

Un saut d'étape permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles (ex: perçage avec ou sans déburrage).

Un renvoi de séquence permet d'effectuer plusieurs fois une même séquence tant qu'une condition n'est pas réalisée (ex : remplissage d'un produit).

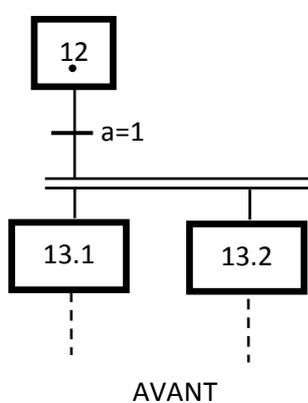
L'exemple suivant résume les principes de saut d'étapes et de renvoi de séquence.



II-3 séquences simultanées :

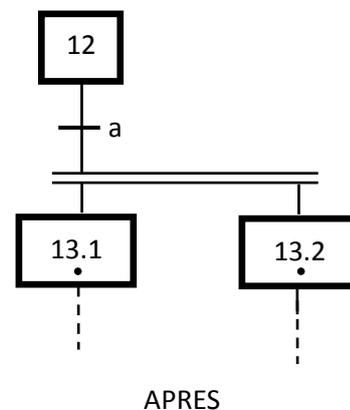
Les séquences simultanées permettent à partir d'une ou plusieurs étapes d'évoluer vers plusieurs séquences **simultanément**.

II-3-1 divergence en ET :

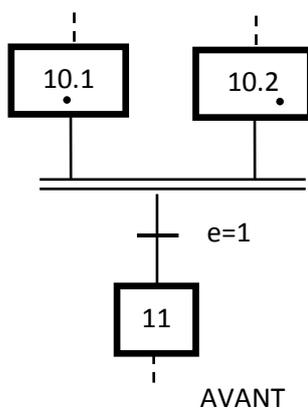


Deux ou plusieurs séquences peuvent être simultanément activées à partir de la même transition.

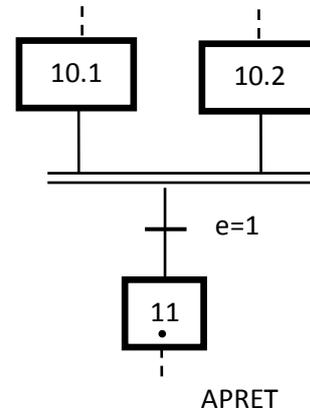
Les deux traits parallèles mettent en évidence l'activation simultanée des étapes 13.1 et 13.2 à partir de la réceptivité $a=1$, lorsque l'étape 12 est active.



II-3-2 convergence en ET :



La convergence (ou jonction) entre plusieurs branches parallèles ne pourra s'effectuer que lorsque toutes les séquences seront terminées (étapes 10.1 et 10.2 actives) et la réceptivité commune vraie (e=1).

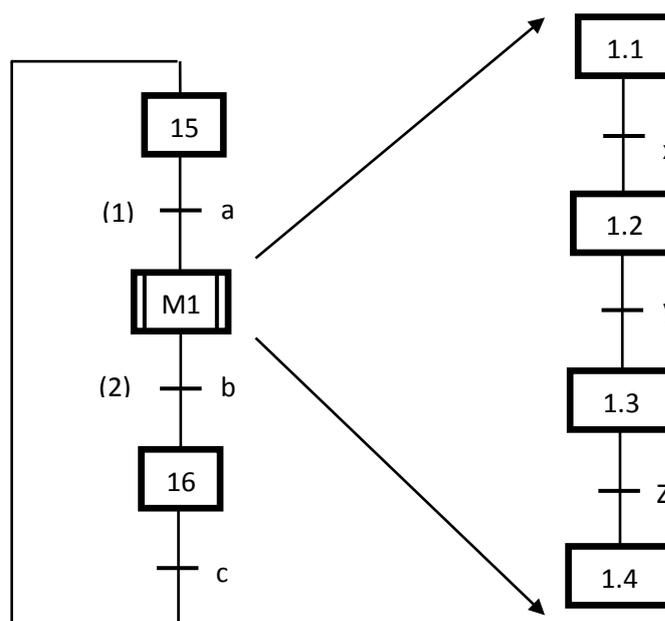


II-4 extension des représentations (Macro-étapes) :

Une macro-étape est **une représentation unique** d'un ensemble d'étapes et de transitions.

Le concept de macro-étape permet :

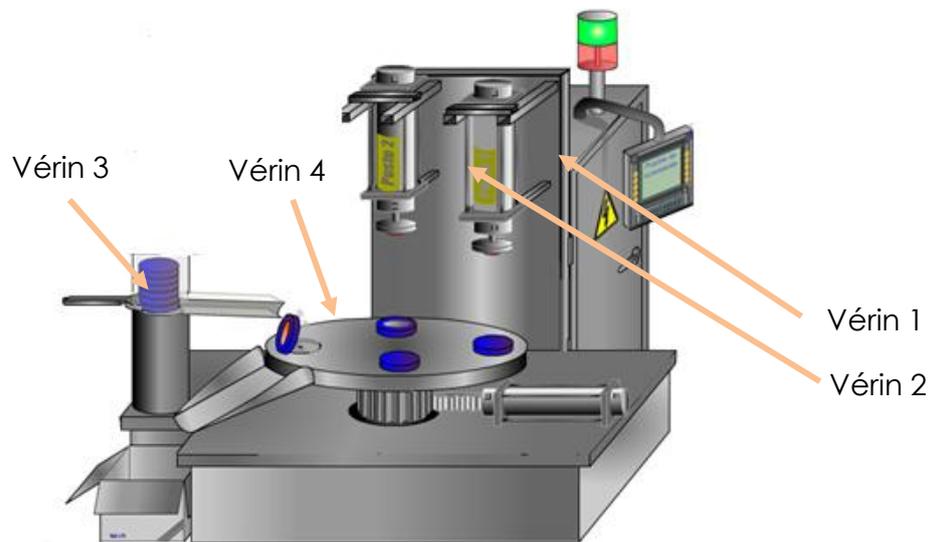
- Lors de l'analyse, de ne pas surcharger la représentation de délais (représentation structurée)
- Lors de l'exploitation, une meilleure compréhension du fonctionnement.



L'expansion de la macro-étape commence par une seule étape d'entrée et finit par une seule étape de sortie. Le franchissement de la transition amont (1) de la macro-étape active l'étape d'entrée (1.1). L'étape de sortie (1.4) valide la transition aval de la macro-étape (2) et désactivée lorsque cette transition est franchie.

Exemple :

On considère une machine de production des pièces pliées et poinçonnées décrite ci-dessous avec chargement et déchargement automatique :



Le système est commandé par deux boutons poussoirs respectivement le départ cycle (DCY) et arrêt (RAZ) composé par deux postes:

- Poste de pliage par descente et montée de la tige vérin 1
- Poste de poinçonnage par descente et montée de la tige vérin 2
- Poste d'évacuation puis remplissage de pièces assurées par deux vérins (vérin 3 et vérin 4).

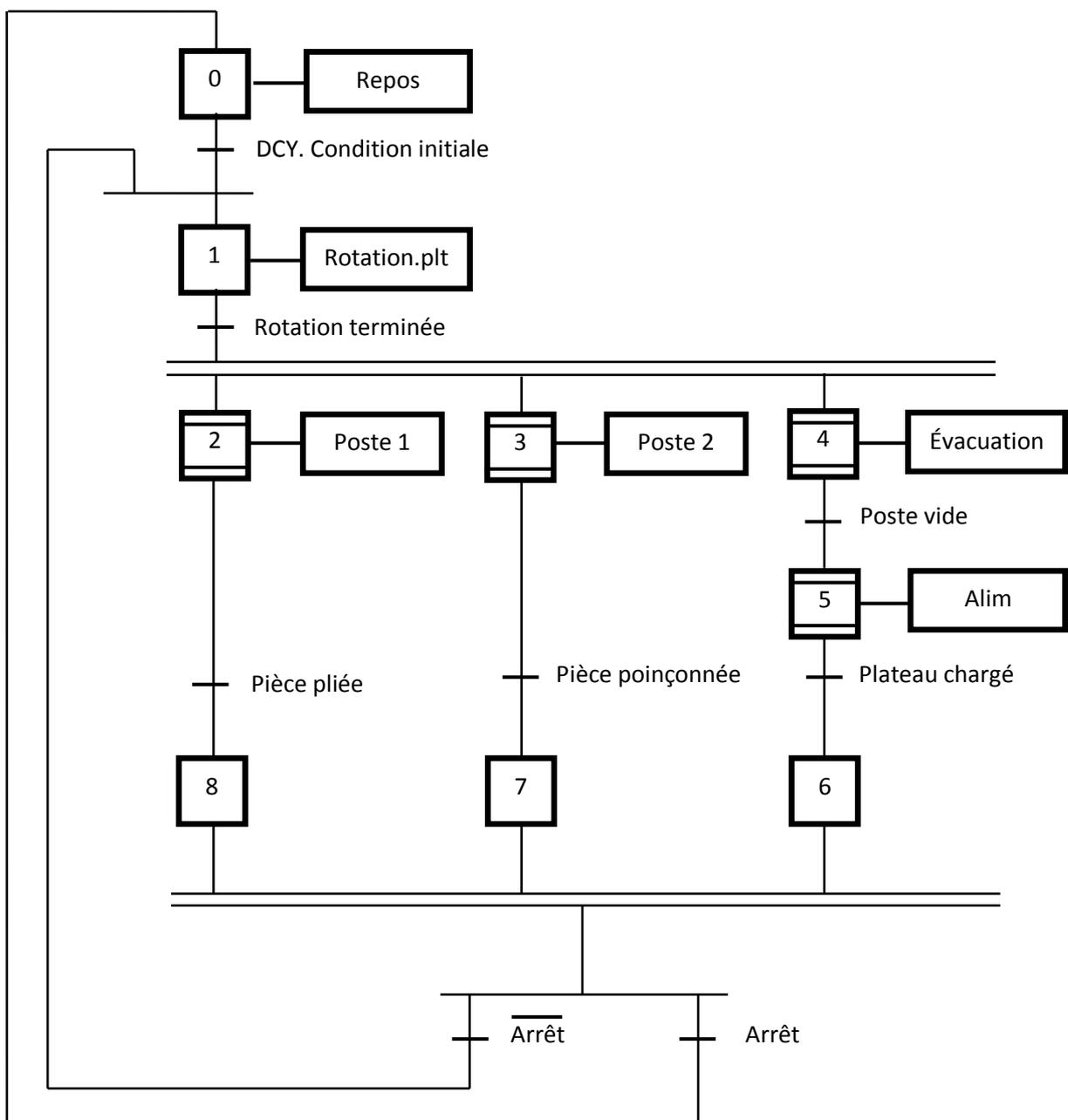
Cahier de charge de la machine :

- Le système se trouvant en position initiale, l'appui sur le bouton de « départ cycle » ordonne simultanément l'évacuation puis remplissage ; le pliage et le poinçonnage des pièces se trouvant sur le plateau.

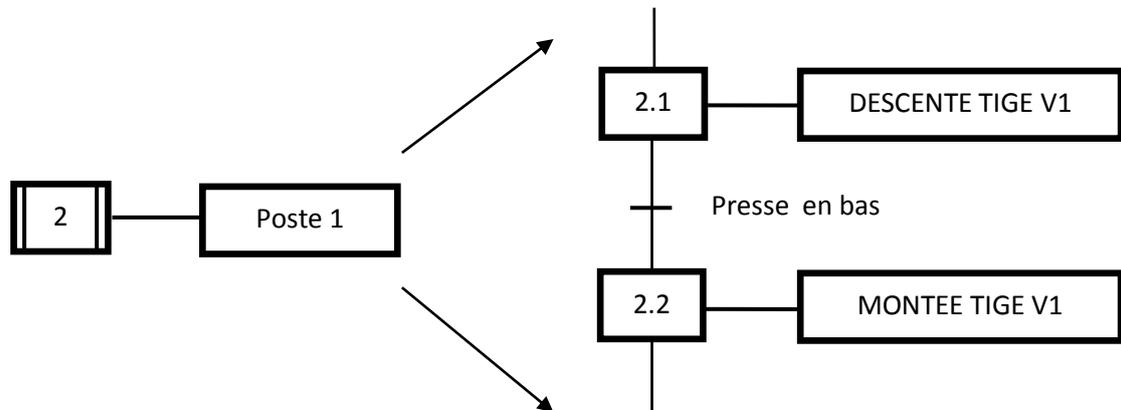
- Une fois les trois actions terminées. Le système ordonne la rotation du plateau et le système recommence le même cycle jusqu'à l'arrêt.
- Une fois le poinçon revenu en position haute, attente d'un nouveau « départ cycle ».

Les GRAFCET globale et des macros étapes de niveau 1 conformément au cahier de charge sont représentés aux figures suivantes.

GRAFCET globale de fonctionnement :



GRAFCET relatif à la macro étape Poste 1 :



GRAFCET relatif à la macro étape Poste 2 :

