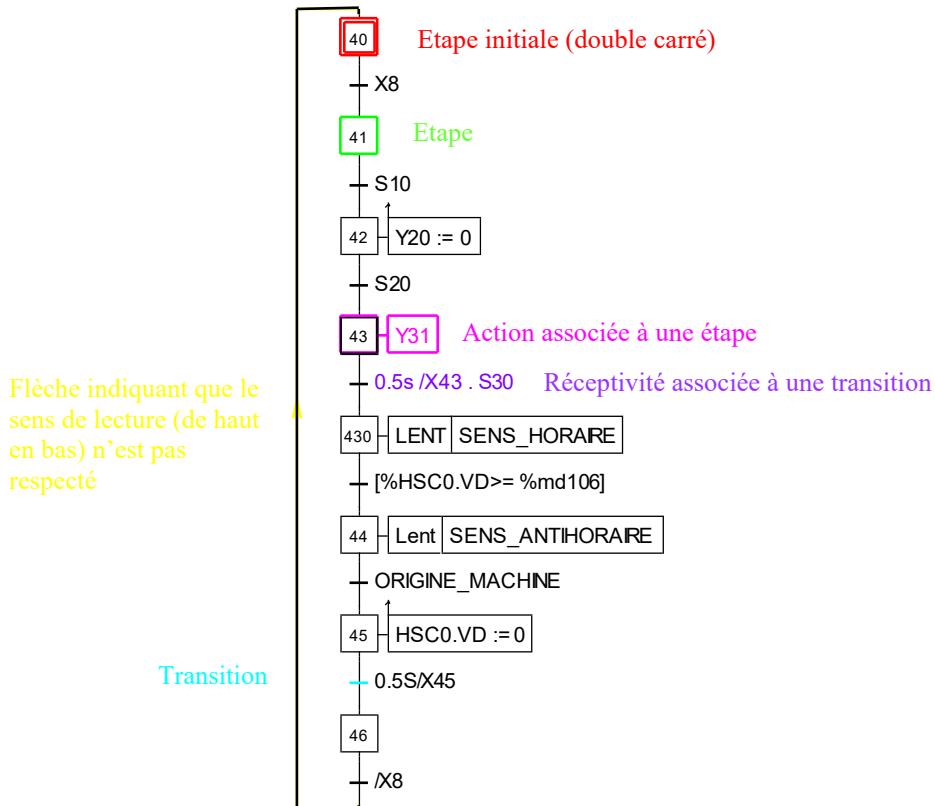


Le modèle GRAFCET norme NF EN 60848 (:2013)

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande, par Etapes et Transitions) est une représentation graphique qui traduit, sans ambiguïté, l'évolution du cycle d'un automatisme séquentiel.

1. Eléments graphiques de base



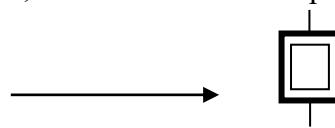
Etape:	Une étape représente une situation stable de la partie commande. Elle est soit active soit inactive. On peut associer à chaque étape i une variable X_i image de son activité. (Etape 8 active $\Rightarrow X_8 = 1$ Etape 8 inactive $\Rightarrow X_8 = 0$)
Etape initiale:	Etape active au début du fonctionnement. Elle se représente par un double carré.
Liaisons orientées:	Elles relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Le sens général d'évolution est du haut vers le bas. Dans le cas contraire, des flèches doivent être employées
Transitions :	Une transition indique une possibilité d'évolution d'activité entre deux ou plusieurs étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.
Réceptivité :	La réceptivité associée à une transition est une fonction logique : - des entrées (capteurs, commande opérateur) - des activités des étapes (Ex : X_1 pour étape 1 active.) - des variables auxiliaires (Ex : $[C1=10]$ pour un test sur compteur C1)
Action:	L'action indique, dans un rectangle, comment agir sur la variable de sortie

2. Règles d'évolution

Règle 1 : Situation initiale

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

Ces étapes ont pour symbole un double carré.



L'activation d'une étape initiale d'un Grafcet peut-être obtenue lors d'une mise en énergie de la PC (par programme) ou lors d'un ordre de forçage d'un niveau de commande hiérarchiquement supérieur ou naturellement en fin de cycle.

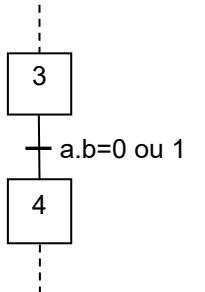
La situation initiale d'une partie commande doit avoir un comportement passif vis à vis de la P.O ➔ non-émission d'ordre pouvant provoquer un mouvement sur la P.O.

Règle 2 : Franchissement d'une transition

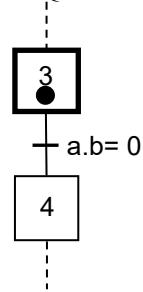
Une transition est validée lorsque toutes les étapes, immédiatement précédentes reliées à cette transition, sont actives. Le franchissement d'une transition se produit :

- lorsque la transition est VALIDÉE ;

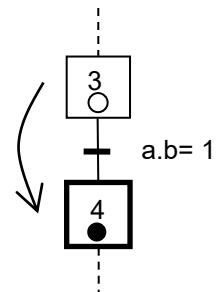
- ET QUE la réceptivité associée à cette transition est VRAIE.



Transition non validée :
La transition 3-4 n'est pas validée car l'étape 3 n'est pas active



Transition validée :
La transition 3-4 est validée (l'étape 3 est active) mais non franchie (réceptivité a.b=0)



Transition franchie :
La transition 3-4 est validée (l'étape 3 est active) et franchie (réceptivité a.b=1)

Règle 3 : Evolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition provoque simultanément :

- L'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes.
- La désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

Règle 4 : Evolutions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

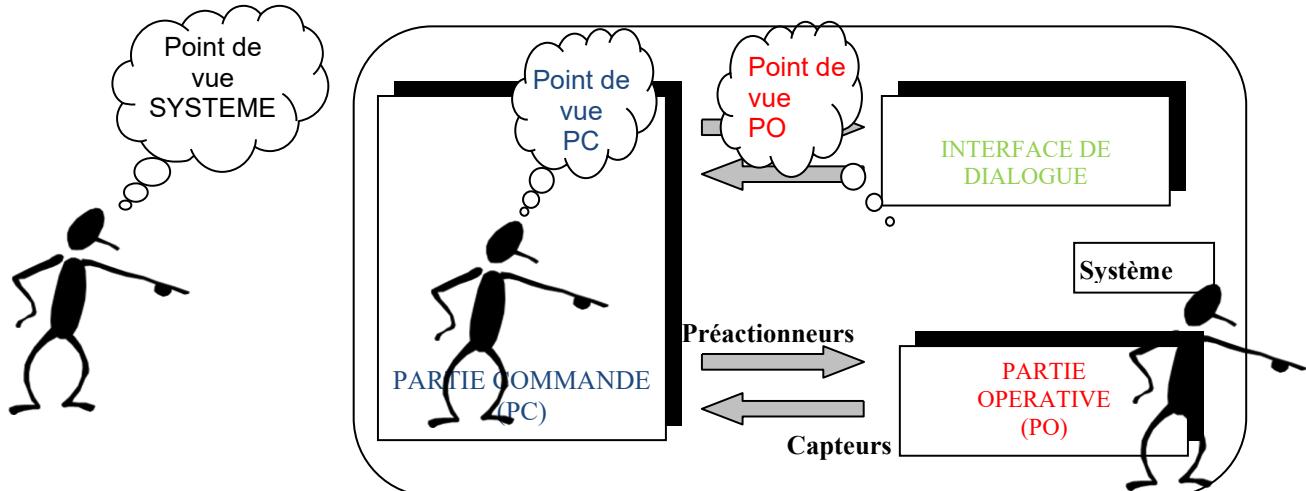
Règle 5 : Activation et désactivation simultanée d'une même étape

Si au cours d'une évolution, une même étape se trouve être à la fois activée et désactivée, elle reste active.

3. Règle de syntaxe

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

4. Notion de point de vue



4.1 Point de vue système (procédé et processus)

Description faite par un observateur se situant d'un point de vue externe au système. **Le point de vue système** décrit le comportement du système vis à vis du produit.

- **Le procédé** est l'ensemble des fonctions successives exécutées sur un même produit au cours de sa fabrication.
- **Le processus** est l'organisation du procédé. C'est la succession des fonctions simultanées réalisées sur tous les produits présents dans le système automatisé.

4.2 Point de vue partie opérative

Description du comportement du système faite par un observateur se situant d'un point de vue interne au système et externe à la Partie Commande. Les choix technologiques de la Partie Opérative sont effectués.

Le point de vue partie opérative décrit les actions produites par les actionneurs à partir des informations acquises par les capteurs.

La notation, à ce niveau peut être littérale (ex : rentrer le vérin) ou symbolique en utilisant les repères du dossier technique.

4.3 Point de vue partie commande

Description du comportement du système par un observateur se situant d'un point de vue interne à la PC

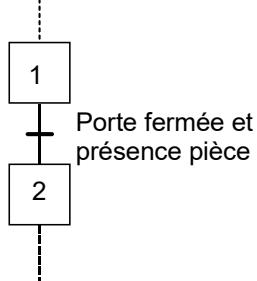
Ce GRAFCET prend en compte **les choix technologiques** et l'ensemble des échanges **PC / PO** et **PC/ Opérateur**. Il décrit dans un premier temps la marche normale et peut évoluer en fonction des modes de marches et d'arrêts imposés par le cahier des charges du système automatisé.

La notation retenue à ce niveau est la notation symbolique utilisant les repères du dossier technique.

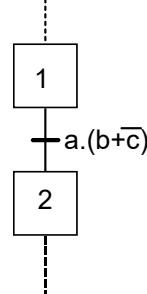
5. Les réceptivités

Une proposition logique, appelée réceptivité, qui peut être vraie ou fausse est associée à chaque transition.

Description d'une réceptivité par un texte

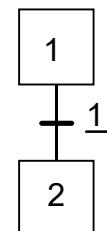


Description d'une réceptivité par une expression booléenne



Réceptivité toujours vraie

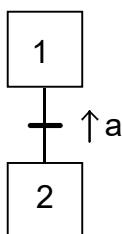
La notation 1 (1 souligné) indique que la réceptivité est toujours vraie.



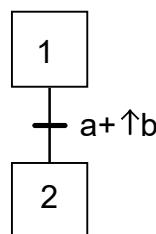
Dans ce cas, l'évolution est dite fugace (voir §8.3)

Front montant

La notation \uparrow indique que la réceptivité n'est vraie que lorsque la variable passe de la valeur 0 à la valeur 1.



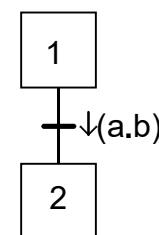
La réceptivité n'est vraie que lorsque a passe de l'état 0 à l'état 1



La réceptivité n'est vraie que lorsque a est vraie ou que b passe de l'état 0 à l'état 1

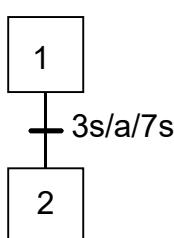
Front descendant

La notation \downarrow indique que la réceptivité n'est vraie que lorsque la variable passe de la valeur 1 à la valeur 0.

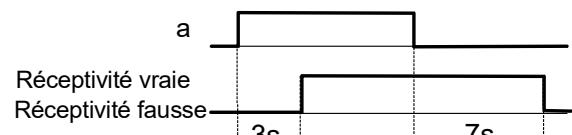


La réceptivité n'est vraie que lorsque le produit logique « a.b » passe de l'état 1 à l'état 0

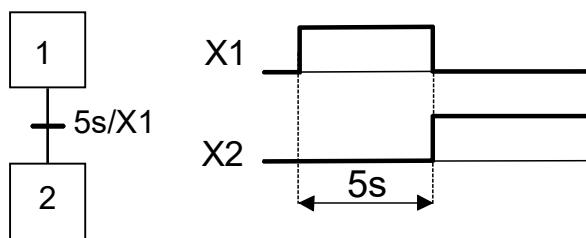
Réceptivité dépendante du temps



La notation est de la forme « t1/variable/t2 ». Dans l'exemple ci-contre, la réceptivité n'est vraie que 3 s après que « a » passe de l'état 0 à l'état 1, elle ne redévient fausse que 7 s après que « a » passe de l'état 1 à l'état 0.



L'utilisation la plus courante est la temporisation de la variable d'étape avec un temps t2 égal à zéro :



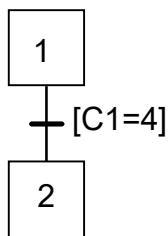
Dans ce cas la durée d'activité de l'étape 1 est de 5 s.

Remarque : Il est possible d'utiliser cette notation lorsque l'étape temporisée n'est pas l'étape amont de la transition.

Valeur booléenne d'un prédicat

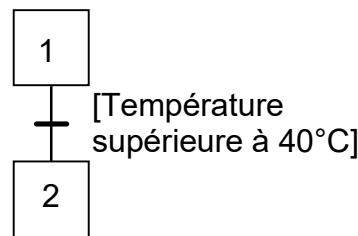
Un prédicat (entre crochets) est une condition contenant une ou plusieurs variables et qui est susceptible de devenir une proposition vraie ou fausse.

Exemple 1



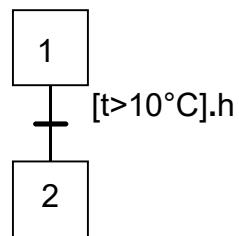
La réceptivité est vraie lorsque la valeur courante du compteur est égale à 4.

Exemple 2



Le langage littéral peut être utilisé.

Exemple 3



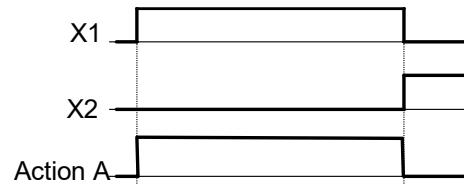
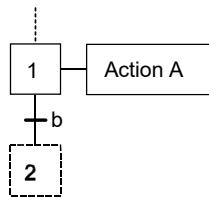
La réceptivité est vraie lorsque la température est supérieure à 10°C et le niveau haut h est atteint.

6. Les actions associées

Aucune, une ou plusieurs actions élémentaires ou complexes peuvent être associées à une étape. Les actions traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à laquelle elles sont associées est active.

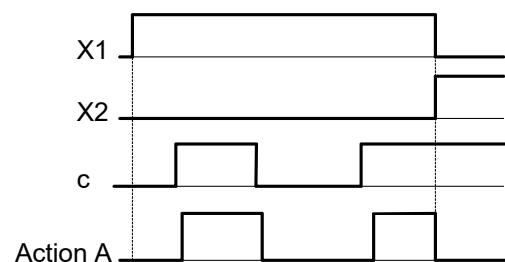
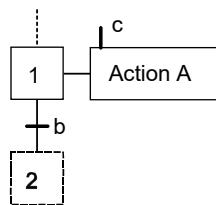
6.1 Action continue

L'exécution de l'action se poursuit tant que l'étape à laquelle elle est associée est active et que la condition d'assignation (expression logique de variables d'entrées et/ou de variables internes) est vérifiée. En l'absence de condition l'action s'effectue tant que l'étape à laquelle elle est associée est active.



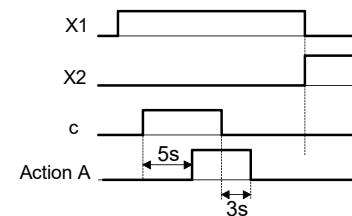
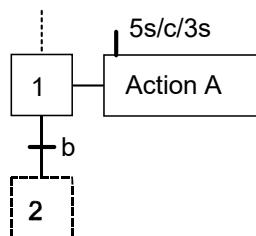
6.2 Action avec condition d'assignation (action conditionnelle, obligatoirement sans front)

Une proposition logique, appelée condition d'assignation, qui peut être vraie ou fausse, conditionne l'action continue.



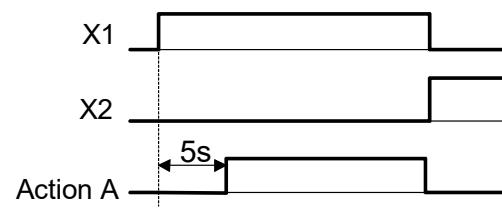
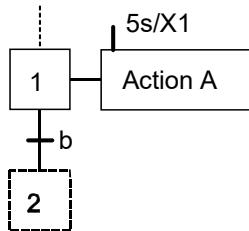
6.3 Action avec condition d'assignation dépendante du temps

La condition d'assignation n'est vraie que 5 secondes après que « c » passe de l'état 0 à l'état 1 (front montant de c) ; elle ne redevient fausse que 3 secondes après que « c » passe de l'état 1 à l'état 0 (front descendant de c).



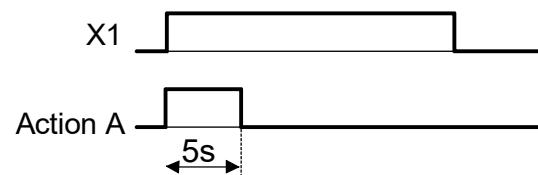
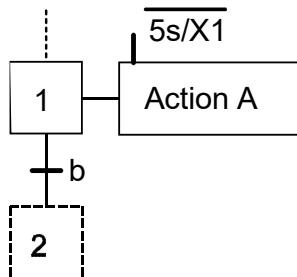
6.4 Action retardée

L'action retardée est une action continue dont la condition d'assignation n'est vraie qu'après une durée t_1 spécifiée depuis l'activation de l'étape associée. Dans l'exemple ci-dessous, l'action A sera exécutée 5s après l'activation de l'étape 1.



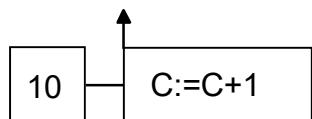
6.5 Action limitée dans le temps

L'action limitée dans le temps est une action continue dont la condition d'assignation n'est vraie que pendant une durée t_1 spécifiée depuis l'activation de l'étape à laquelle elle est associée.



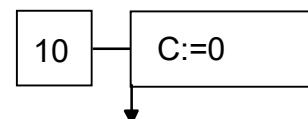
6.6 Action à l'activation ou à la désactivation

Une action à l'activation est une action mémorisée lors de l'activation de l'étape liée à cette action.

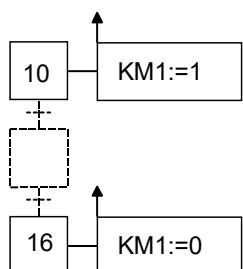


Incrémentation du compteur C à l'activation de l'étape 10

Une action à la désactivation est une action mémorisée lors de la désactivation de l'étape liée à cette action.



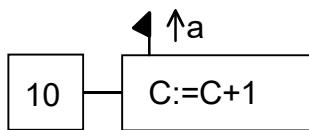
Mise à 0 du compteur C à la désactivation de l'étape 10.



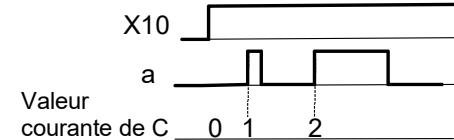
KM1=1 dès l'activation de l'étape 10 et reste à 1 jusqu'à l'activation de l'étape 16.

6.7 Action sur événement (obligatoirement avec front)

Une action sur événement est une action mémorisée conditionnée à l'apparition d'un événement, l'étape à laquelle l'action est reliée étant active. Il est impératif que l'expression logique associée à l'événement comporte un ou plusieurs fronts de variables d'entrées.



Incrémentation du compteur C sur le front montant de « a », l'étape 10 étant active.



6.8 Commentaires

Un commentaire relatif aux éléments graphiques d'un GRAFCET peut être placé entre guillemets.

10 "étape d'attente"

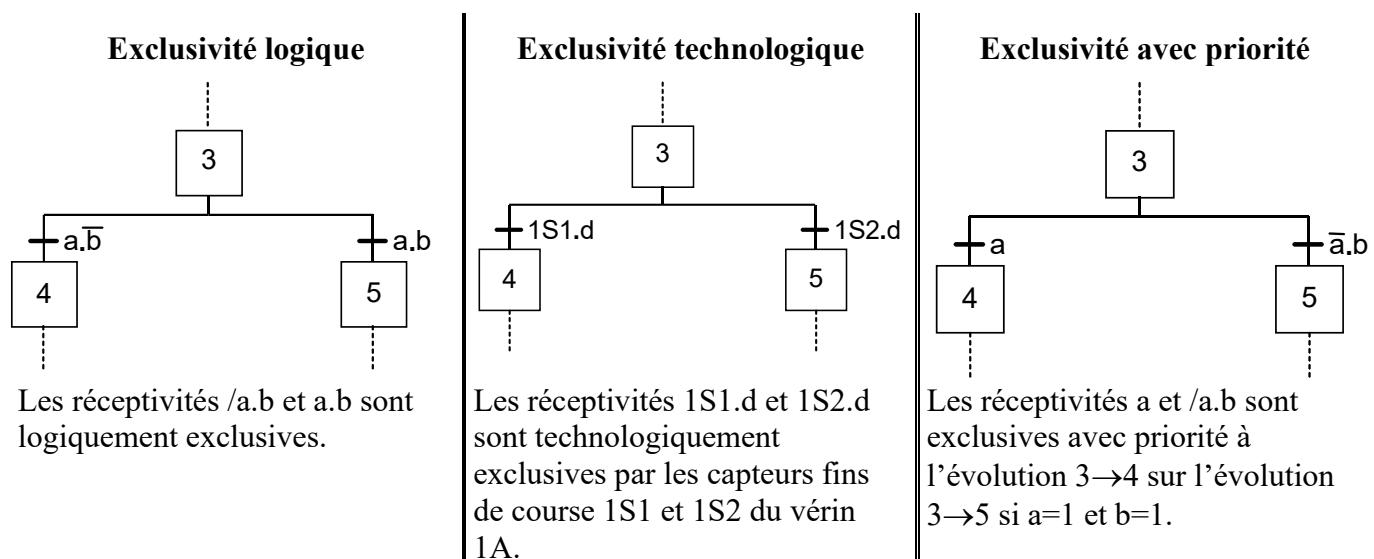
7. Les structures de base

7.1 Séquence linéaire

Une séquence linéaire est composée d'une suite d'étapes qui peuvent être activées les unes après les autres.

7.2 Sélection de séquence

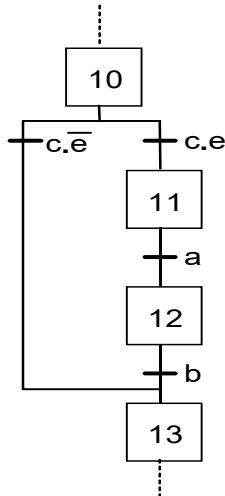
Une sélection de séquence est un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une ou plusieurs étapes. Elle se représente graphiquement par autant de transitions validées en même temps qu'il peut y avoir d'évolution possibles. L'exclusion entre les séquences n'est pas structurelle. Pour l'obtenir, il faut s'assurer soit de l'incompatibilité mécanique ou temporelle des réceptivités, soit de leur exclusion logique.



7.3 Saut d'étapes et reprise de séquence

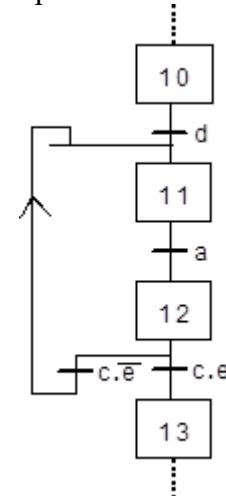
Saut d'étapes

Le saut d'étapes permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles.



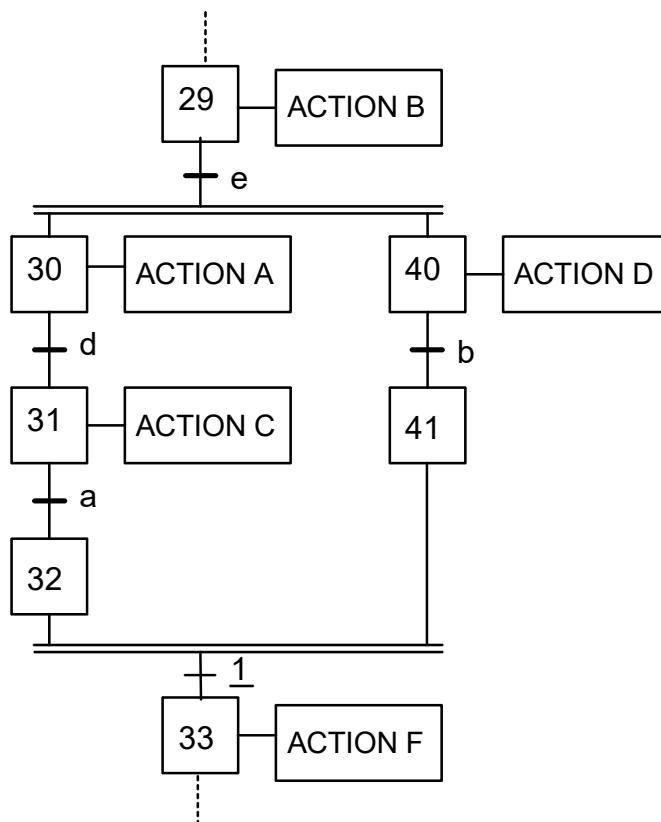
Reprise de séquence

La reprise de séquence permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant qu'une condition n'est pas obtenue.



7.4 Séquences simultanées (séquences parallèles)

Si le franchissement d'une transition conduit à activer plusieurs étapes en même temps, ces étapes déclencheront des séquences dont les évolutions seront à la fois simultanées et indépendantes.



Si l'étape 29 est active, la réceptivité « e » provoque, lorsqu'elle est vraie, l'activation simultanée des étapes 30 et 40.

Les deux séquences évoluent alors indépendamment l'une de l'autre.

Les étapes 32 et 41 sont des étapes d'attente; dès qu'elles sont actives, la transition $32,41 \rightarrow 33$ est franchie ($\underline{1}$: réceptivité toujours vraie) ce qui entraîne simultanément, l'activation de l'étape 33 et la désactivation des étapes 32 et 41.

On remarque :

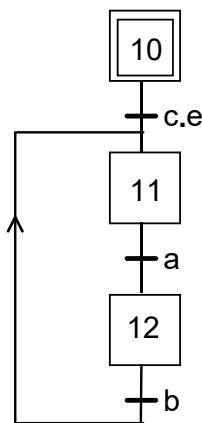
- que l'activation de l'étape 32 permet d'éviter que l'action C se poursuive lorsque a est vraie et que b ne l'est pas encore.
- que l'activation de l'étape 41 permet d'éviter que l'action D se poursuive lorsque b est vraie et que a ne l'est pas encore.

8. Les structures particulières

8.1 Etape et transition source

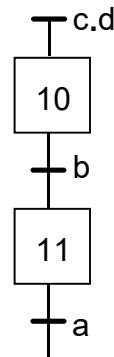
Etape source

Une étape source est une étape qui ne possède aucune transition amont. Dans l'exemple ci-dessous, l'étape source initiale 1 n'est active qu'à l'initialisation (et tant que la réceptivité c.e n'est pas vraie)



Transition source

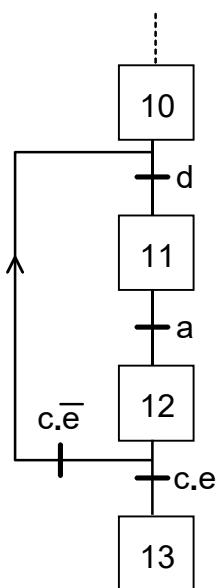
Une transition source est une transition qui ne possède aucune étape amont. Par convention, la transition source est toujours validée et est franchie dès que sa réceptivité est vraie. Dans l'exemple ci-dessous, l'étape 10 est activée dès que la réceptivité c.d est vraie.



8.2 Etape et transition puits

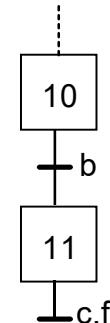
Etape puits

Une étape puits est une étape qui ne possède aucune transition aval ; sa désactivation est possible par un ordre de forçage d'un GRAFCET de niveau supérieur (voir § 8.4)



Transition puits

Une transition puits est une transition qui ne possède aucune étape aval. Dans l'exemple ci-dessous, lorsque la transition puits est validée et que **c.d** est vraie, le franchissement de cette transition a pour unique conséquence de désactiver l'étape 11.

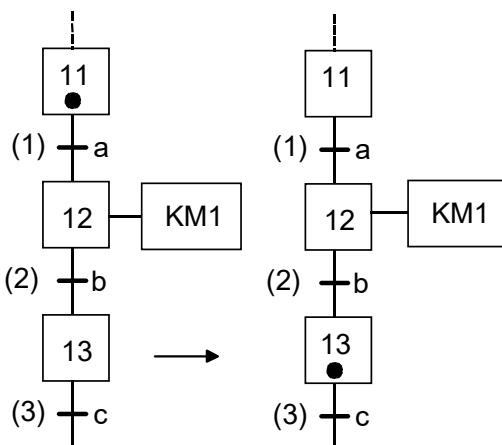


8.3 Evolution fugace

Dans certains cas, l'application des règles d'évolution peut conduire à franchir successivement des transitions si les réceptivités associées aux transitions postérieures sont déjà vraies lors du franchissement de la ou des premières transitions considérées. L'évolution correspondante est dite fugace.

Les étapes intermédiaires correspondantes, dites étapes *instables*, ne sont pas activées, mais on considère qu'elles ont été « virtuellement » activées et désactivées le long du chemin d'évolution intuitif, et de même que les transitions correspondantes ont été « virtuellement » franchies.

Conséquence d'une évolution fugace sur les assignations



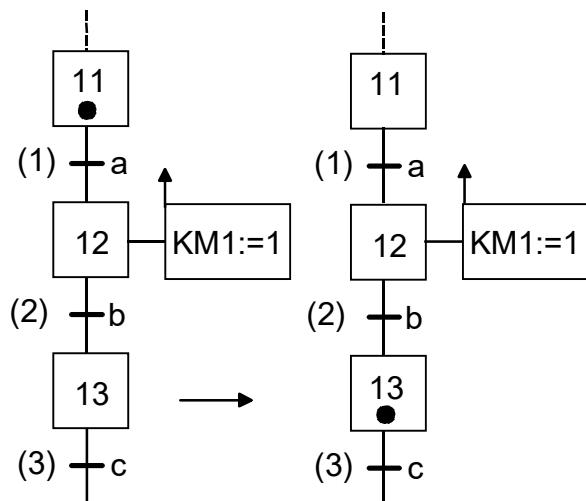
■ Exemple d'action continue associée à une étape instable
Situation antérieure : étape 11 active, a=0, b=1 et c=0

Le changement de valeur de « a » conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

La situation antérieure (étape 11 active) et la situation postérieure (étape 13 active) assignent la valeur 0 à la variable de sortie KM1.

L'étape instable 12 n'étant pas réellement activée, l'assignation à la valeur 1 de KM1 n'est pas effective au cours de cette évolution fugace.

Conséquence d'une évolution fugace sur les affectations



■ Exemple d'action mémorisée associée à l'activation d'une étape instable

Situation antérieure : étape 11 active, a=0, b=1 et c=0

Le changement de valeur de « a » conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

L'affectation de la valeur 1 à la variable de sortie KM1 est effective car elle est la conséquence de l'activation virtuelle de l'étape 12.

8.4 Structuration par forçage

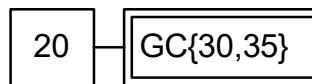
L'ordre de forçage de situation émis par un GRAFCET hiérarchiquement supérieur permet de modifier la situation courante d'un GRAFCET hiérarchiquement inférieur, sans qu'il y ait franchissement de transition. Le forçage ne peut en aucun être émis par un Grafcet hiérarchiquement inférieur sur un Grafcet qui lui est hiérarchiquement supérieur.

L'ordre de forçage est un ordre interne prioritaire sur toutes les conditions d'évolution et a pour effet d'**activer la ou les étapes** correspondant à la **situation forcée** et de **désactiver les autres étapes** du GRAFCET forcé.

L'ordre de forçage est représenté dans un double rectangle associé à l'étape pour le différencier d'une action.



Lorsque l'étape 2 est active, le GRAFCET nommé GPN est forcé dans la situation caractérisée par l'activité de l'étape 10 (l'étape 10 est activée et les autres étapes sont désactivées).



Lorsque l'étape 20 est active, le GRAFCET nommé GC est forcé dans la situation caractérisée par l'activité des étapes 30 et 35 (les étapes 30 et 35 sont activées et les autres étapes sont désactivées).



Lorsque l'étape 25 est active, le GRAFCET nommé GPN est forcé dans la situation où il se trouve à l'instant du forçage. On appelle également cet ordre « figeage ».



Lorsque l'étape 22 est active, le GRAFCET nommé GPN est forcé dans la situation vide. Dans ce cas aucune de ses étapes n'est active.



Lorsque l'étape 34 est active, le GRAFCET nommé G4 est forcé dans la situation dans laquelle seules les étapes initiales sont actives.

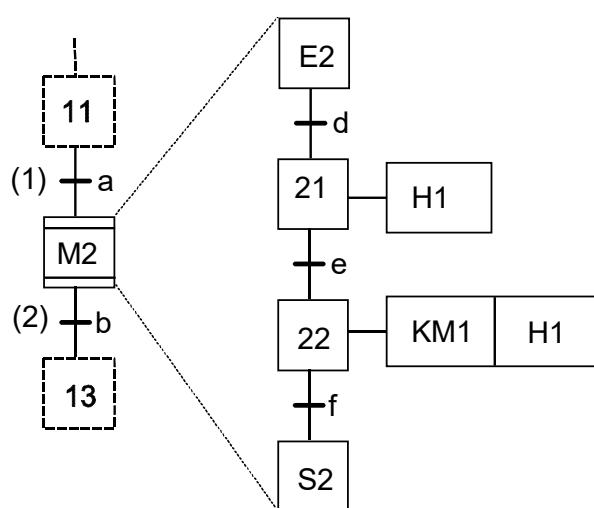
8.5 Structuration par macro-étapes

Avec la notion de macro-représentation, on se donne le moyen de reporter à plus tard ou sur une autre page la description détaillée de certaines séquences.



La macro-étape est la représentation unique d'un ensemble d'étapes et de transitions nommé expansion de macro-étape.

Exemple d'une macro étape M2 représentée avec son expansion



L'expansion de la macro-étape commence par une seule étape d'entrée et se termine par une seule étape de sortie, étapes qui représentent les seuls liens possibles avec le GRAFCET auquel elle appartient.

Le franchissement de la transition (1) active l'étape E2.

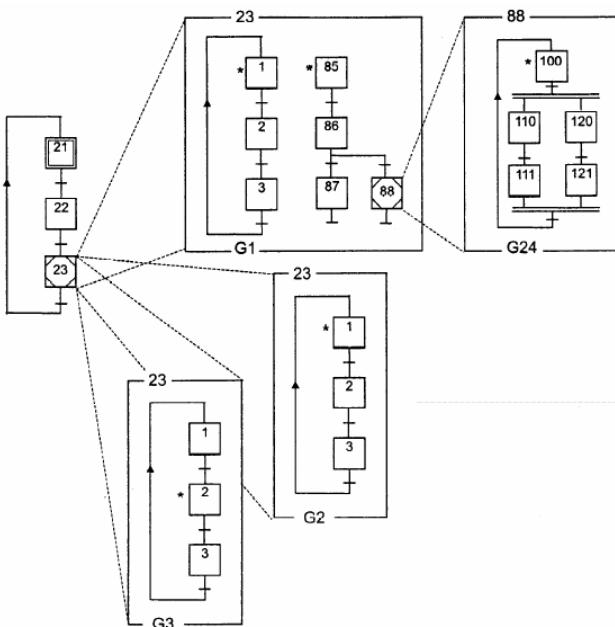
La transition (2) ne sera validée que lorsque l'étape S2 sera active.

Le franchissement de la transition (2) désactive l'étape S2.

8.6 Structuration par encapsulation

Cette structure permet, elle aussi, d'avoir une compréhension facilitée de Grafcet qui deviennent trop complexes.

Dans l'exemple ci-dessous l'étape 23 est une étape encapsulante qui contient 3 encapsulations : les Grafcet G1, G2 et G3. Une encapsulation peut comporter une ou plusieurs étapes encapsulantes : le Grafcet partiel G24 est encapsulé dans l'étape encapsulante 88 du Grafcet partiel G1.



Quand l'étape encapsulante 23 est inactive, aucune étape des encapsulations G1, G2 et G3 n'est active. Quand l'étape encapsulante 23 s'active, les étapes avec des astérisques s'activent et les règles d'évolution s'appliquent immédiatement aux Grafcet G1, G2 et G3. La désactivation de l'étape 23, due au franchissement de sa transition aval ou à tout autre moyen de désactivation comme le forçage ou l'encapsulation de niveau supérieur, provoque la désactivation de toutes les étapes de G1, G2 et G3 (et donc de G24).