

## 1. Système automatisé

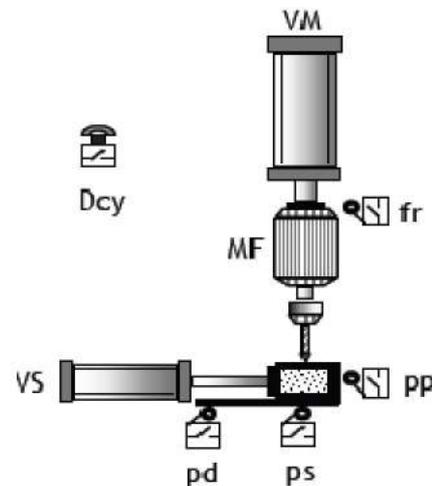
### 11. Définition

Un système est dit automatisé, s'il exécute toujours, de façon séquentielle, le même cycle de travail conçu sans l'intervention de l'opérateur.

### 12. Exemple : Système de perçage automatisé

Le système est décrit par le fonctionnement suivant :

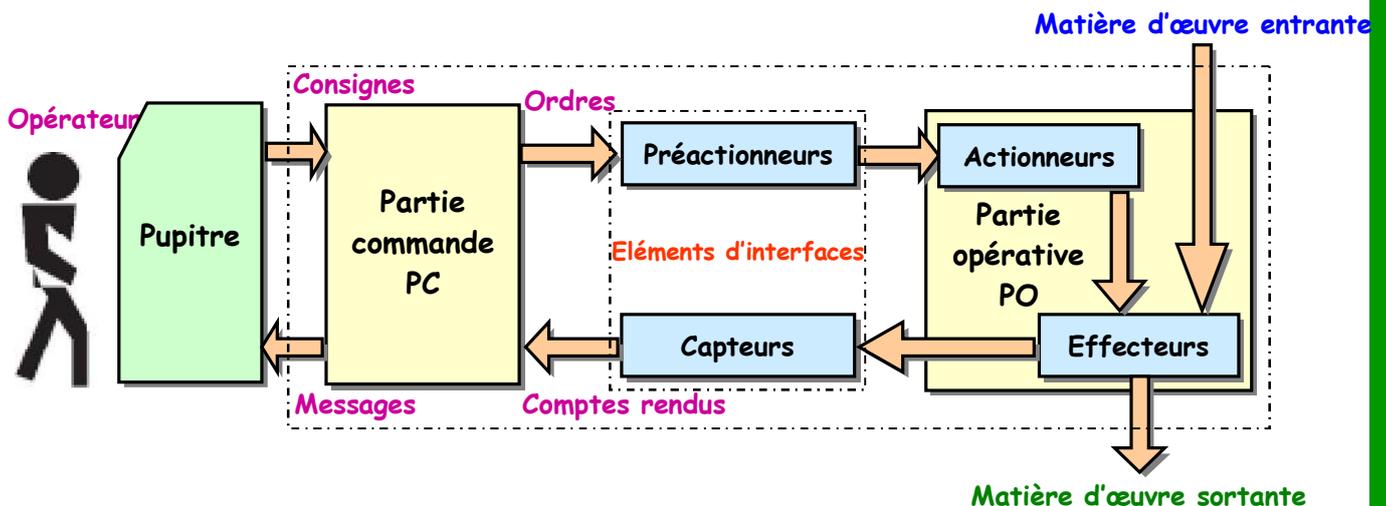
- L'appui sur le bouton Départ cycle (Dcy) lance le cycle.
- Le vérin de serrage (VS) déplace la pièce pour la serrer. Le capteur (ps) indique que la pièce est serrée.
- Le moteur supportant le foret (MF) commence à tourner et le vérin (VM) pousse le moteur vers le bas.
- Le perçage de la pièce commence et le capteur (pp) indique que la pièce est percée.
- Le vérin (VM) remonte, quand le capteur (fr) est actionné, cela indique que le foret est retourné.
- Le moteur (MF) et le vérin (VM) sont arrêtés.
- Le vérin (VS) retourne dans l'autre sens, le capteur (pd) indique que la pièce est desserrée.
- On revient alors à l'état initial.



🔊 **Note** : Pour la clarté, les noms des capteurs sont en minuscule et ceux des actionneurs sont en majuscule.

### 13. Structure fonctionnelle d'un système automatisé

Les différentes parties d'un système automatisé sont organisées conformément à la structure suivante :



#### 131. Partie commande PC

La partie commande est généralement composée d'éléments de traitement de l'information qui assure le pilotage du système, notamment, d'automate programmable et d'ordinateur.

Elle transmet les ordres aux actionneurs à partir :

- Du programme qu'elle contient.
- Des informations reçues par les capteurs.
- Des consignes données par l'utilisateur ou par l'opérateur.

### 132. Partie opérative PO

La partie opérative est l'ensemble des moyens techniques qui permettent d'apporter la valeur ajoutée à la matière d'œuvre. Elle est constituée essentiellement par des actionneurs et des effecteurs. Elle nécessite pour son fonctionnement de l'énergie électrique ou pneumatique (air comprimé) ou hydraulique (huile sous pression).

#### Actionneurs

Un actionneur est un objet technique qui convertit une énergie d'entrée disponible sous une certaine forme, en une énergie de sortie sous une forme différente, utilisable pour effectuer une action définie.

Exemples : moteur, vérin, pompe, lampe, résistance chauffante, électro-aimant, avertisseur, électrovanne, ...

#### Effecteurs

Un effecteur convertit l'énergie reçue de l'actionneur en une opération ou un effet sur la matière d'œuvre pour lui apporter la valeur ajoutée désirée. C'est le dispositif terminal qui accomplit la tâche.

Exemples : tapis roulant ou convoyeur, pince, poinçon, ventouse, foret, mors de serrage, bras, ...

### 133. Éléments d'interfaces

On distingue deux types d'organes qui assurent le dialogue entre la **PO** et la **PC** :

#### Capteurs

Le capteur est l'élément qui convertit une variation de la grandeur physique, liée à un effecteur ou à un actionneur, en une information appelée compte rendu compréhensible par la partie commande.

L'information peut être de nature analogique, logique ou numérique.

Exemples : capteur de vitesse, position, température, débit, niveau, pression, ...

#### Préactionneurs

Le préactionneur est l'élément qui distribue l'énergie utile à l'actionneur sur ordre de la partie commande. C'est celui qui commande l'établissement ou l'interruption de la circulation de l'énergie entre une source et un actionneur.

Exemples : relais et contacteurs électriques, distributeurs pneumatiques et hydrauliques.

### 134. Dialogue homme/système

Le dialogue homme/système est assuré à l'aide d'un pupitre de commande. L'opérateur pilote le système par des consignes et suit l'évolution du fonctionnement en recevant des messages.

#### Consignes

Ce sont les informations qui circulent de l'opérateur vers la partie commande.

#### Messages

Ce sont les informations qui circulent de la partie commande vers l'opérateur.

Le dialogue de l'opérateur avec le système automatisé se fait à travers un pupitre.

## 2. GRAF CET

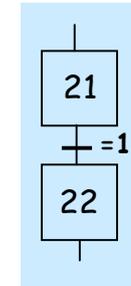
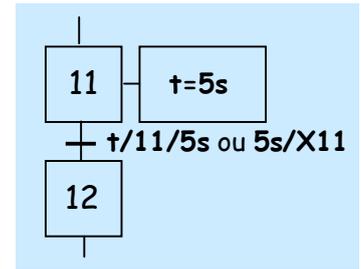
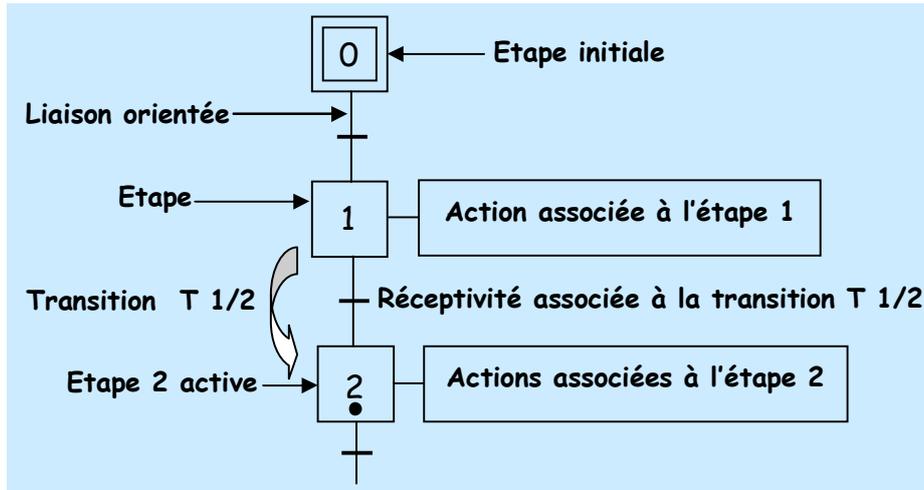
### 21. Définition

Le **GRAF CET** (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande des **E**tapes et **T**ransitions) est un outil graphique de description temporelle du fonctionnement d'un système séquentiel (automatisé).

 Remarque : Un système est appelé séquentiel si les tâches réalisées par ce système sont ordonnées : La fin de chaque tâche autorise le début de la suivante.

## 22. Éléments graphiques de base

Considérons le **GRAF CET** suivant :



Le **GRAF CET** est composé :

- D'étapes aux quelles sont associées des actions.
- De transitions aux quelles sont associées des réceptivités.
- De liaisons orientées reliant les étapes entre elles.

### 221. Etape

Une étape représente une situation élémentaire ayant un comportement stable.

L'étape se représente par un **carré** qui porte un **numéro d'ordre**. Elle est soit **active** soit **inactive**.

On peut associer à chaque étape  $i$  une variable  $X_i$  image de son activité.

**Exemple** : Etape 2 active  $\Rightarrow X_2=1$ , Etape 2 inactive  $\Rightarrow X_2=0$ .

**Remarque** : L'étape **initiale** s'active au début du fonctionnement et se représente par un **double carré**.

### 222. Action associée à une étape

Une action indique, dans un **rectangle**, comment agir sur la variable de sortie. Elle n'est effective que lorsque l'étape associée est active. Cette action peut être :

- **Externe** correspondant à un ordre vers la **PO**.
- **Interne** correspondant à une fonction qui n'agit pas sur la **PO**, telle qu'une temporisation, un comptage, ...

**Remarque** : On peut avoir plusieurs actions associées à une même étape.

### 223. Transition

Une transition indique une possibilité d'évolution d'activité entre deux ou plusieurs étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition. Une transition est représentée par un **trait horizontal**.

### 224. Réceptivité

Une réceptivité associée à une transition se traduit par une ou plusieurs **conditions logiques**.

#### Réceptivités particulières

##### Réceptivité toujours vraie

Une telle réceptivité s'écrit "**=1**". Le franchissement de cette transition se fera dès que les étapes immédiatement antérieures seront actives sans autre condition.

Le passage de l'étape **21** à l'étape **22** est toujours vrai.

### Réceptivité dépendante du temps

Pour faire intervenir le temps dans une réceptivité, il suffit d'indiquer après le repère "t" son origine et sa durée. L'origine sera l'instant du début de l'activation de l'étape déclenchant la temporisation.

La notation  $t/11/5s$  signifie que la réceptivité sera vraie 5 secondes après l'activation de l'étape 11.

La notation normalisée s'écrit  $5s/X11$ .

### 225. Liaisons orientées

Les liaisons orientées relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles représentent le sens d'évolution d'un **GRAF CET**. Le sens général d'évolution est du **haut vers le bas**. Dans le cas contraire, des **flèches** doivent être employées.

## 23. Règles d'évolution d'un **GRAF CET**

### 231. Règle N°1 : Situation initiale

La situation initiale correspond à l'étape active, inconditionnellement, au début du fonctionnement.

Elle correspond généralement à un comportement de **repos** du système.

Une étape est dite active si l'action qui lui est associée est en cours d'exécution. Elle est repérée par un **point** placé à l'intérieur du carré correspondant.

### 232. Règle N°2 : Franchissement d'une transition

Une transition est soit validée ou non validée, elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives, elle ne peut être franchie que si les deux conditions suivantes soient remplies :

- Cette **transition** est **validée**.
- **ET** la **réceptivité** qui lui est associée est **vraie**.

### 233. Règle N°3 : Evolution des étapes actives

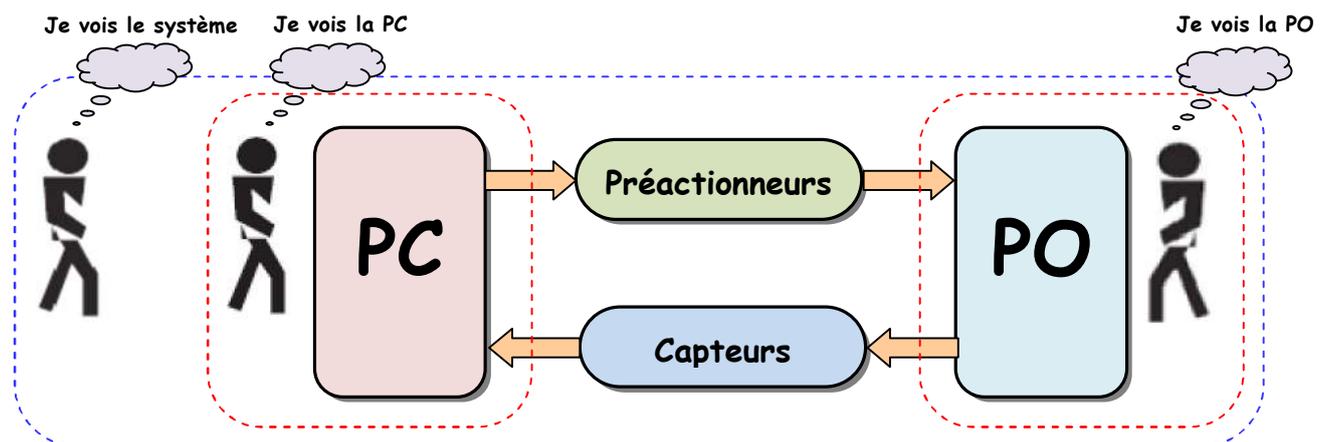
Le franchissement d'une transition provoque simultanément :

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

## 24. Types de **GRAF CET**

La description par l'outil **GRAF CET** est fonction du point de vue selon lequel un observateur s'implique dans le fonctionnement du système automatisé. On distingue trois points de vue :

- **GRAF CET** d'un point de vue du système.
- **GRAF CET** d'un point de vue de la partie opérative **PO**.
- **GRAF CET** d'un point de vue de la partie commande **PC**.



### 241. GRAF CET d'un point de vue système

Le **GRAF CET** d'un point de vue du système :

- **Décrit** la chronologie et la coordination des actions nécessaires.
- **Ne présume pas** les moyens technologiques à mettre en œuvre.

Pour l'établir on doit :

- **Recenser** les tâches à effectuer.
- **Définir** les actions par une expression comportant un verbe à l'infinitif.
- **Définir** les conditions de transition (réceptivités) par une expression comportant un participe passé.

L'observateur ignore à ce stade comment seront réalisées les tâches opératives.

🔔 **Remarque** : Ce type de **GRAF CET** est désigné par **GRAF CET niveau 1** ou **GRAF CET fonctionnel**.

### 242. GRAF CET d'un point de vue de la partie opérative

Le **GRAF CET** d'un point de vue de la partie opérative **PO** est un **GRAF CET niveau 2** qui décrit :

- L'évolution des actionneurs.
- Les éléments de dialogue avec le milieu extérieur.

Pour l'établir on doit **choisir** :

- La technologie des actionneurs (vérins, moteurs, etc).
- La technologie des capteurs (Pour donner une image fidèle de l'évolution de la partie opérative **PO**).

Pour un système donné, le nombre d'étapes de son **GRAF CET PO** est toujours supérieur ou égal au nombre d'étapes de son **GRAF CET** d'un point de vue du système.

### 243. GRAF CET d'un point de vue de la partie commande

Le **GRAF CET** d'un point de vue de la partie commande **PC** est un **GRAF CET niveau 2** qui décrit la chronologie des signaux :

- Emis par la **PC** vers les actionneurs via les préactionneurs.
- Reçus par la **PC** depuis les capteurs et le pupitre.

Pour l'établir on doit **choisir** :

- La technologie des actionneurs et des préactionneurs.
- La technologie des capteurs.

Pour un système donné, le nombre d'étapes de son **GRAF CET PC** est toujours égal au nombre d'étapes de son **GRAF CET** d'un point de vue de la partie opérative **PO**.

## 25. Structures de base

### 251. GRAF CET à séquence linéaire

Une séquence linéaire ou unique est composée d'un ensemble d'étapes successives où chaque étape est suivie d'une seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape.

### 252. Séquences simultanées

#### Divergence en ET

Le système se dirige vers l'étape 2 **ET** l'étape 12 si **a** est franchie. Quand **a** est franchie, les étapes 2 **ET** 12 sont actives  $\Rightarrow X2=X12=X1.a$

**Convergence en ET**

La transition d sera validée quand les étapes 3 ET 13 seront actives. Si la réceptivité associée à cette transition est vraie alors celle-ci est franchie  $\Rightarrow X14=X3.X13.d$

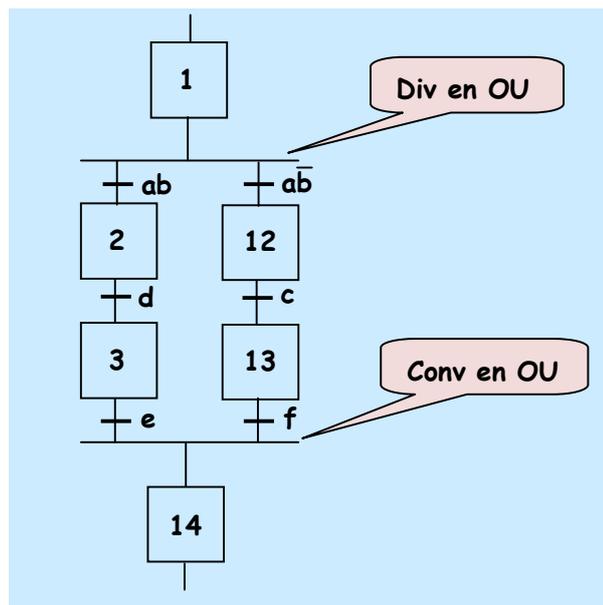
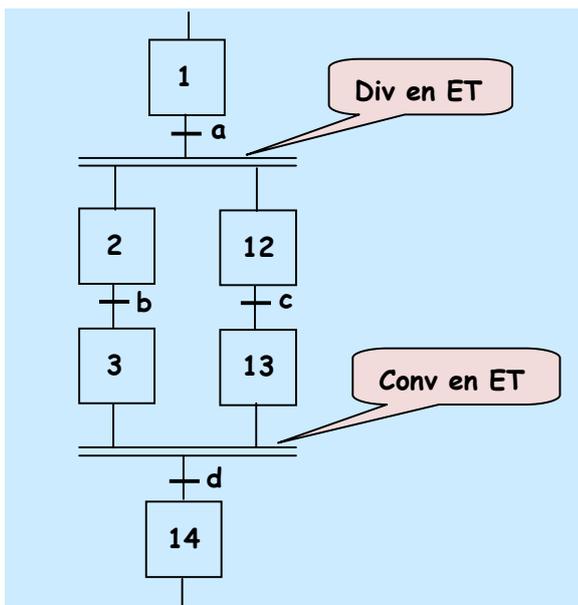
**253. Sélection de séquences**

**Divergence en OU**

Le système se dirige vers l'étape 2 si (a.b) est vraie OU vers l'étape 12 si (a. $\bar{b}$ ) est vraie.  
 $\Rightarrow X2=X1.(a.b)$  OU  $X12=X1.(a.\bar{b})$

**Convergence en OU**

Le système converge vers l'étape 14 si e est vraie OU si f est vraie  $\Rightarrow X14=(X3.e)+(X13.f)$



Fonction Traiter

**254. 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.

Saut d'étapes      Reprise de séquence

