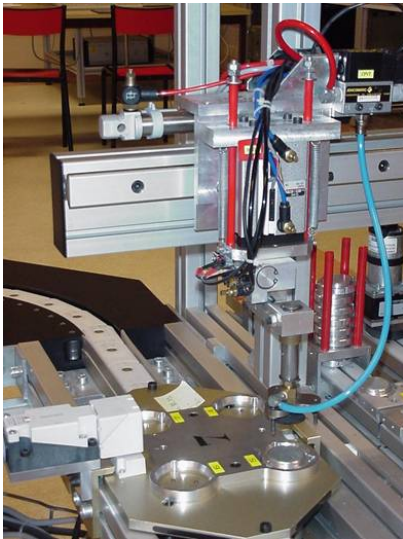


Spécification, Conception & Validation de la commande de **S.E.D.**

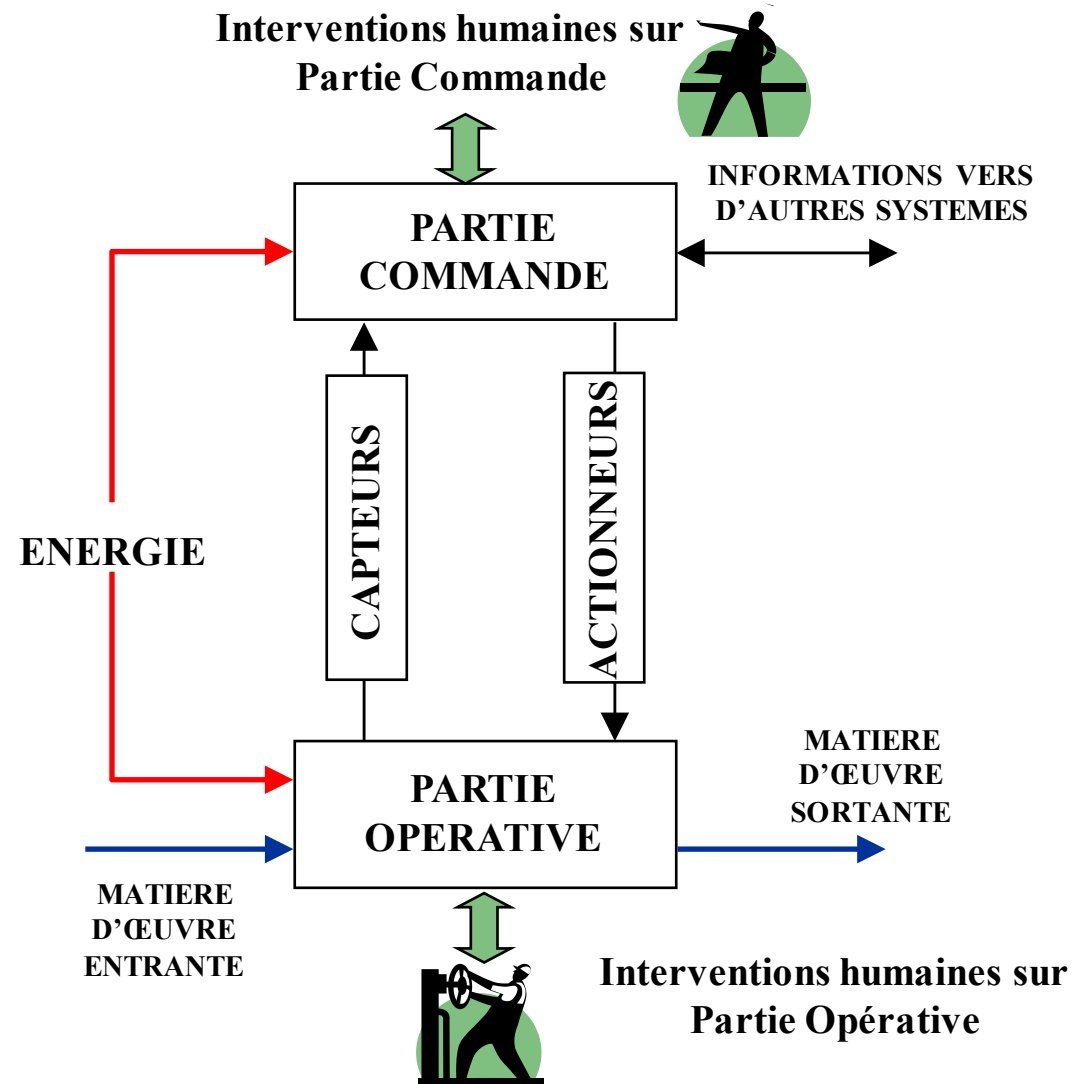


Approches orientées composants



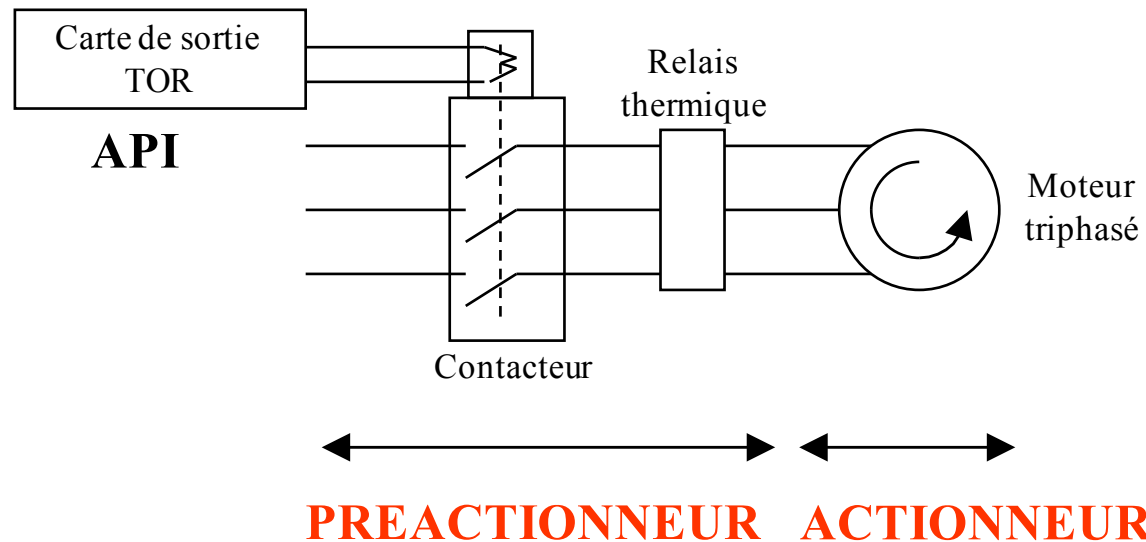
Jean-François PETIN

Commande: Dispositif permettant de générer des ordres à destination d'un système physique afin que le comportement de ce dernier soit conforme aux objectifs fixés.

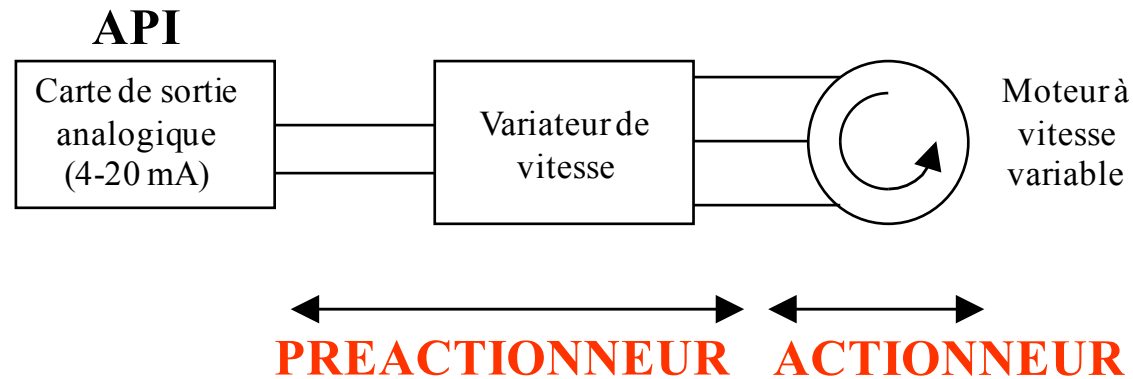


Les actionneurs / préactionneurs : quelques exemples

Moteurs



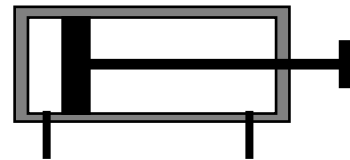
Variateurs de vitesse



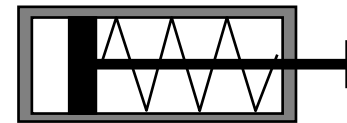
Les actionneurs / préactionneurs : quelques exemples

VERIN (Pneumatique, hydraulique)

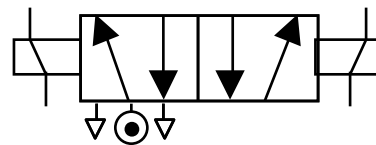
ACTIONNEUR



Double effet



Simple effet

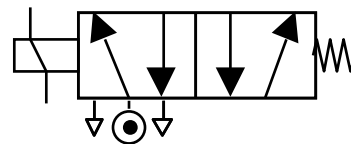


Distributeur 5/2 bistable

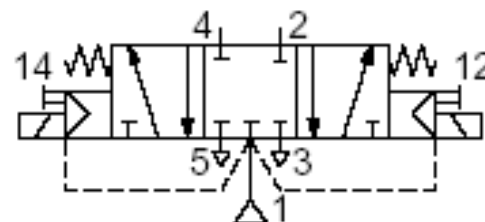
Nombre d'orifices
par tiroir

Nombre de tiroirs

PREACTIONNEUR



Distributeur 5/2 monostable

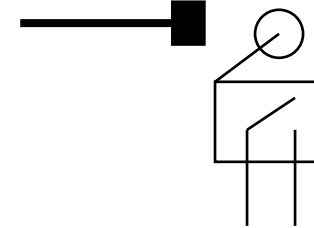


Distributeur 5/3

Capteurs TOR

Capteurs électromécanique (ou capteur à contact)

Il commute lorsque l'objet à détecter actionne physiquement l'élément mobile du capteur. Sa commutation se fait par fermeture ou ouverture d'un contact électromécanique

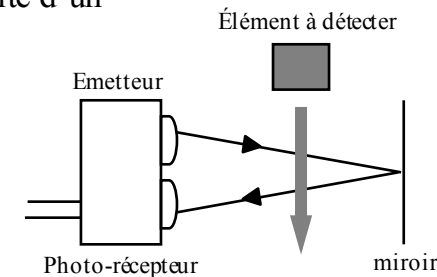


Détecteur de proximité

Il n'y a plus de contact physique avec l'objet à détecter : un capteur magnétique à effet inductif commute lorsque le champ qu'il émet est perturbé par la proximité d'un objet métallique.

Détecteur à distance

Un rayon lumineux est interrompu par l'objet à détecter. Un photo-récepteur traduit cette présence en un signal électrique.



Capteurs analogiques

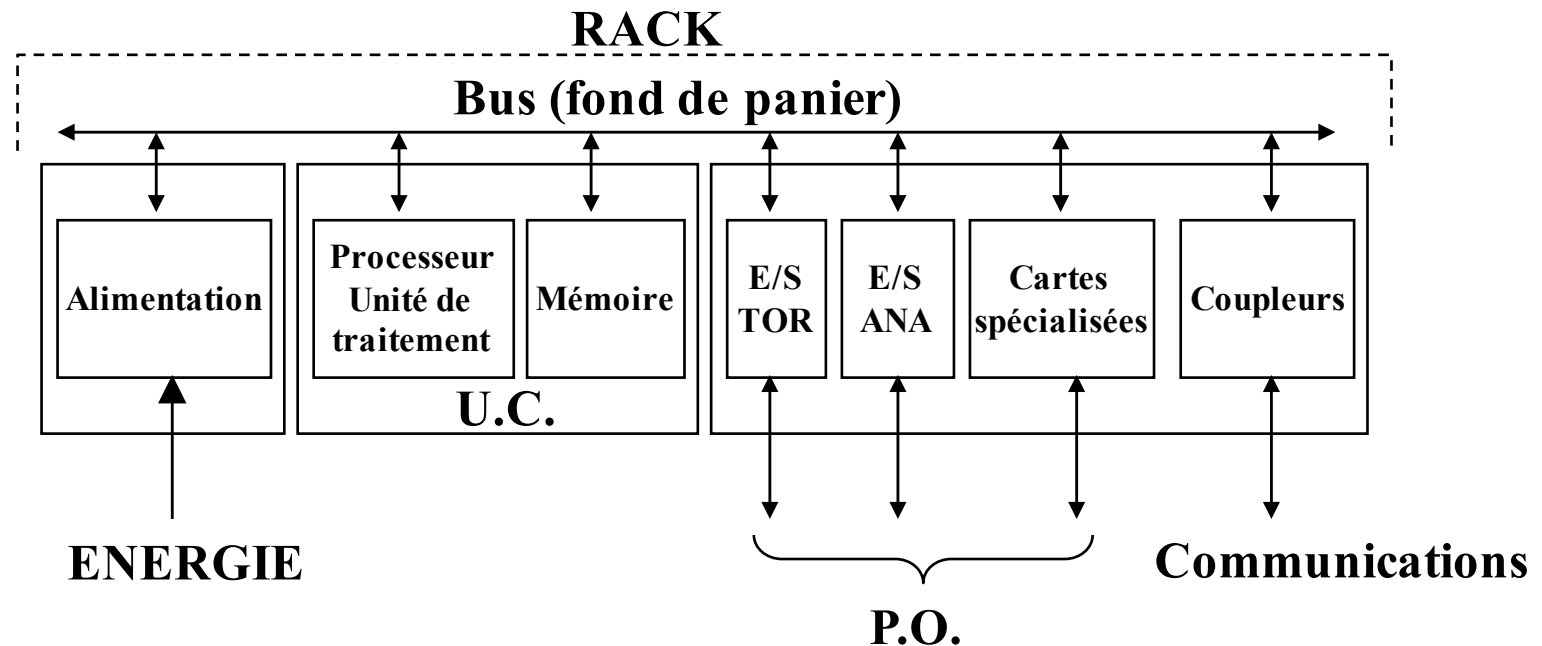
Ils transmettent des valeurs numériques précisant des positions, des températures, des pressions, ... sous la forme d'un signal électrique évoluant entre deux valeurs limites (4-20 mA, 0-10V)

Capteurs numériques

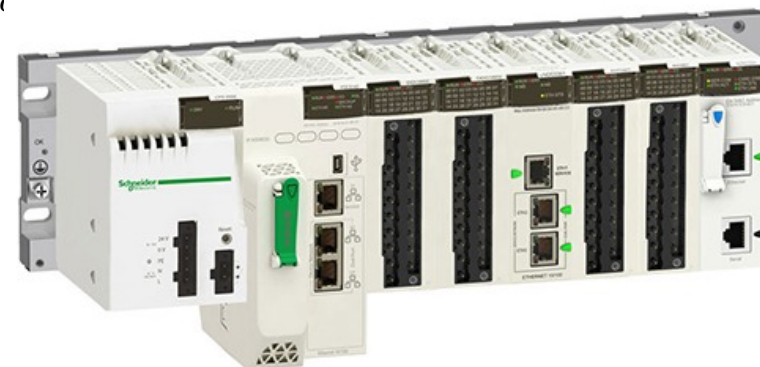
Ils transmettent des valeurs numériques précisant des positions, des températures, des pressions, ... sous la forme d'une information numérique

Equipement de commande : PLC

Structure des Automates Programmables Industriels (A.P.I.)



P.O.
Cartes spécialisées : cartes de
CU



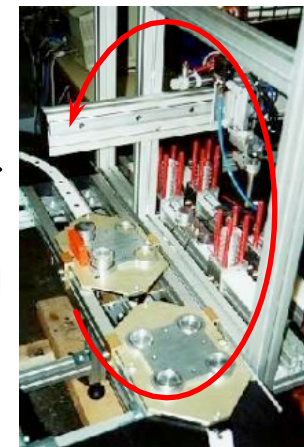
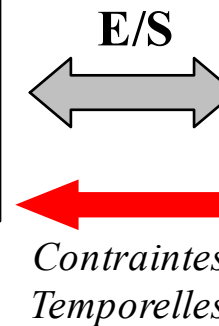
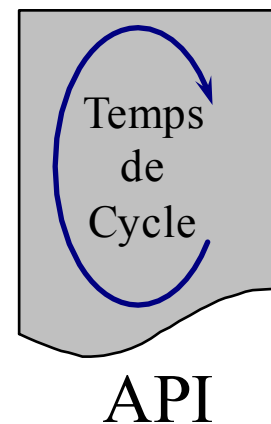
Equipement de commande : PLC

Programmation des automates

```
< Initialize Memory >  
For each sampling cycle do  
  < Read INPUTS >  
  < Instr 1 >  
  ...  
  < Instr i >  
  < Instr i+1 >  
  < Write OUTPUTS >  
end
```

STIMULI EXTERNES : interruptions
externes ou informations capteurs en
provenance d'un monde extérieur,
TRAITEMENTS : évaluation de la
situation et calcul des réactions
appropriées
REACTIONS : émission de stimuli de
commandes (sorties) en respectant des
contraintes temporelles.

*Chien de garde :
surveillance du temps de
scrutation du programme.*



Environnement

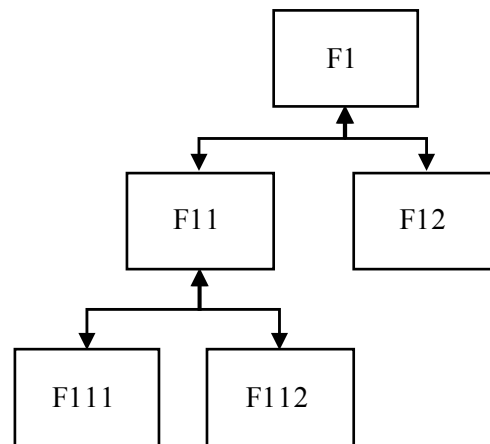
1. Identifier à partir du cahier des charges rédigé par les utilisateurs finaux

- Les fonctions attendues du système automatisé (**processus de transformation et fonction de commande**)
- Les ressources nécessaires pour réaliser les fonctions de transformation et de commande
- Les flux d'informations et de matière échangées entre les fonctions :
 - Informations consommées et transformées par une fonction
 - Informations produites par une fonction
 - Informations déclenchant les traitements
 - Informations utilisées par une fonction pour réaliser les traitements qui lui sont associés.

2. Construire une architecture de commande hiérarchisée

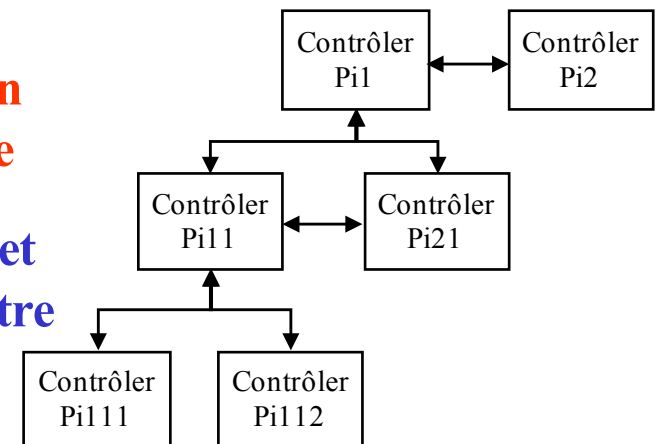
**Décomposition
hiérarchique**

**Coordination
entre modules**

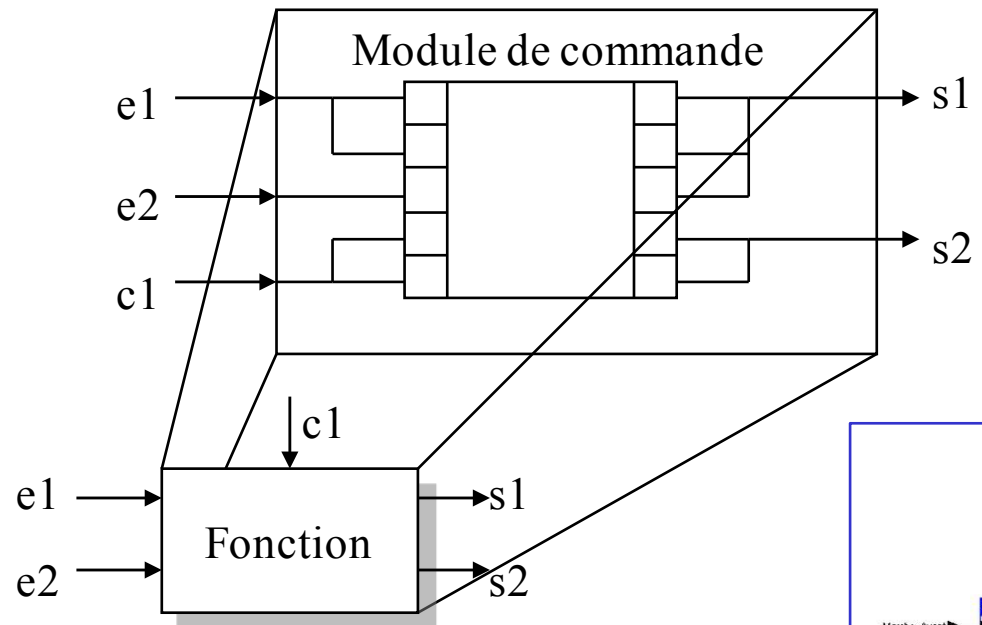


**Décomposition
hétérarchique**

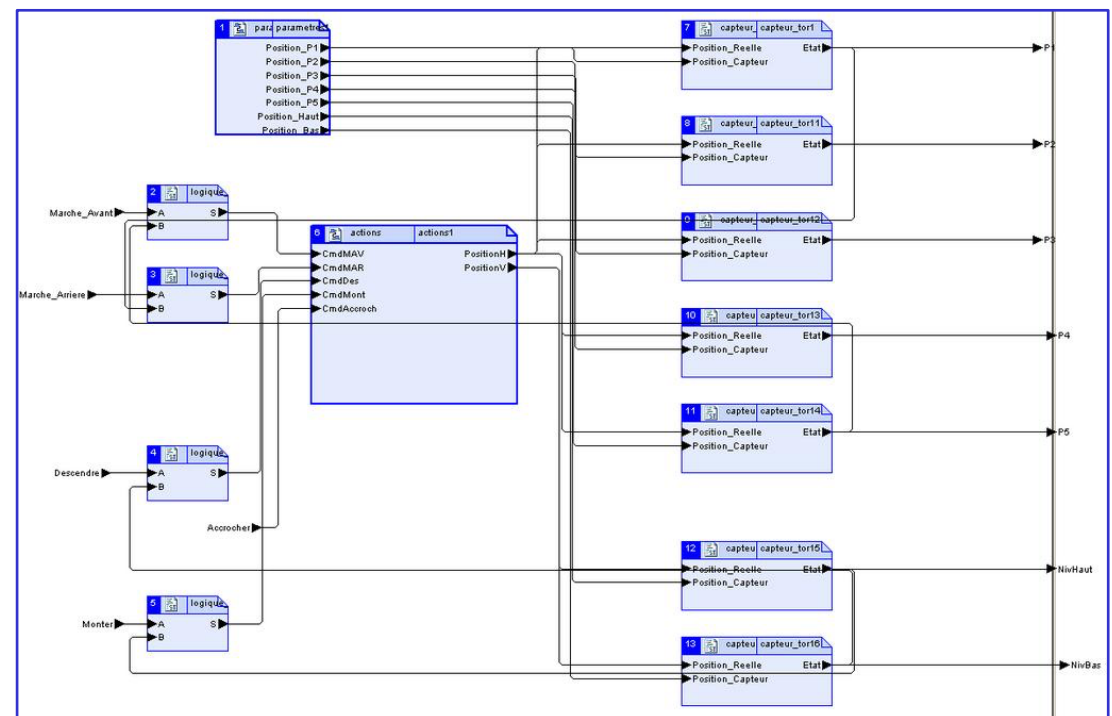
**Coordination et
coopération entre
modules**



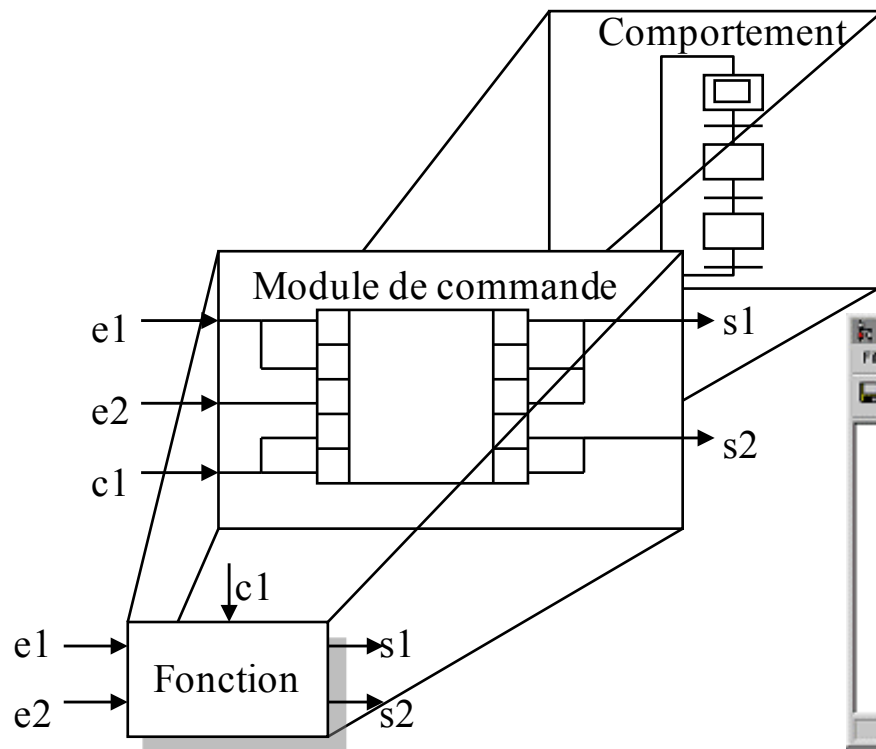
2. Construire une architecture de commande hiérarchisée



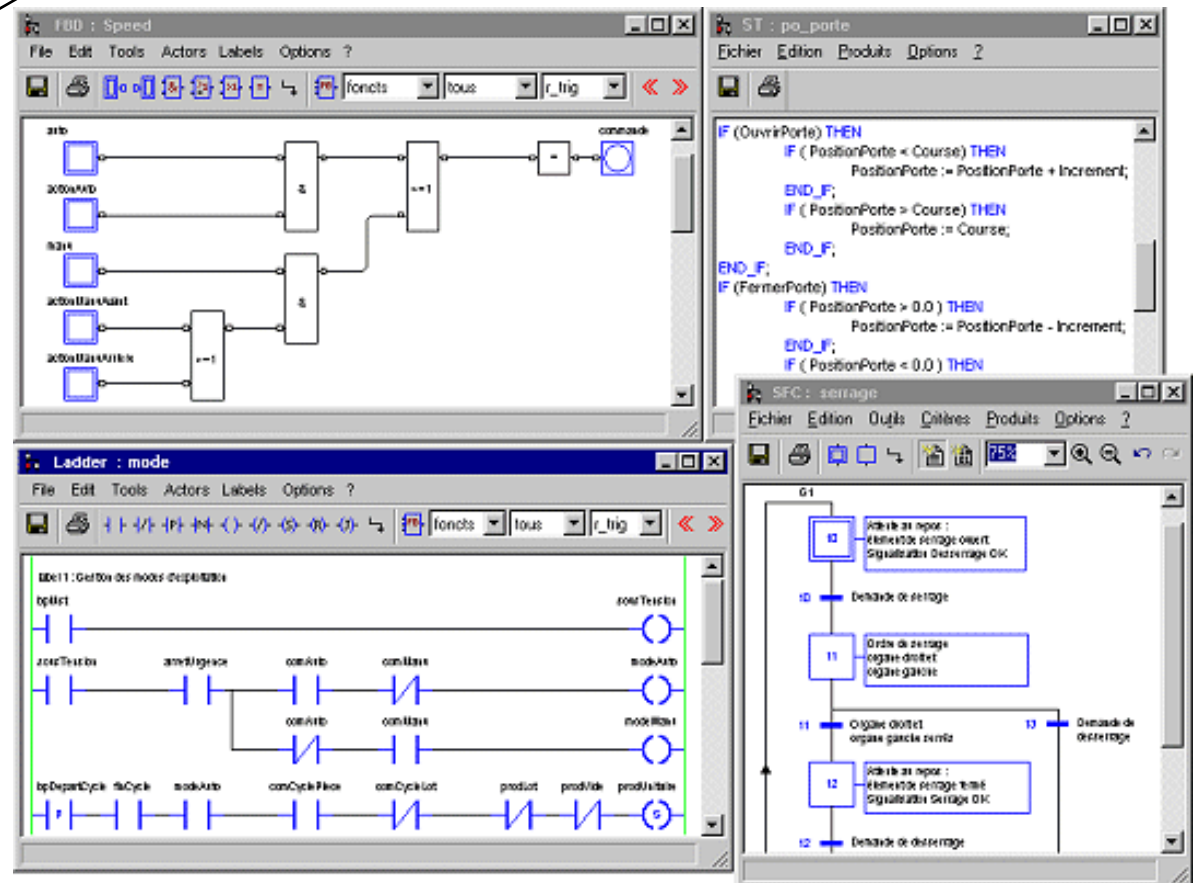
Exemple sur ControlBuild (Dassault Systèmes)

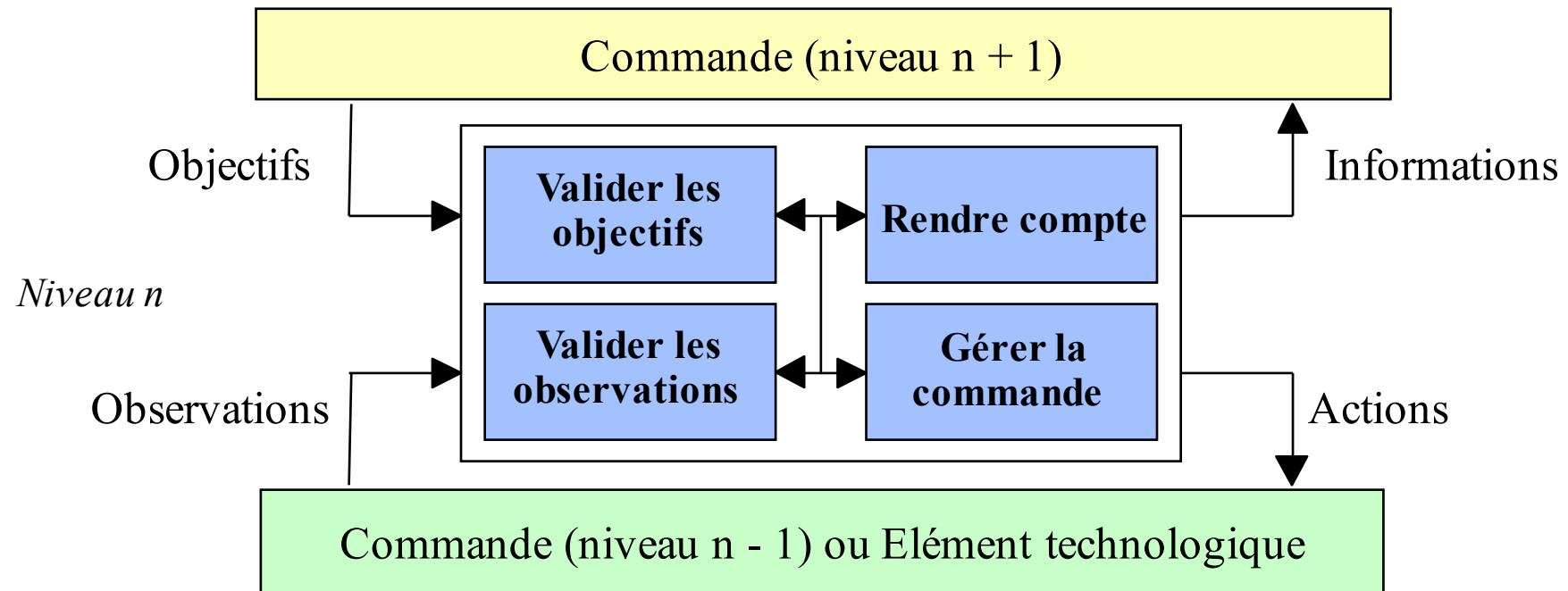


3. Décrire le comportement de chaque module



Exemples sur ControlBuild (Dassault Systèmes)





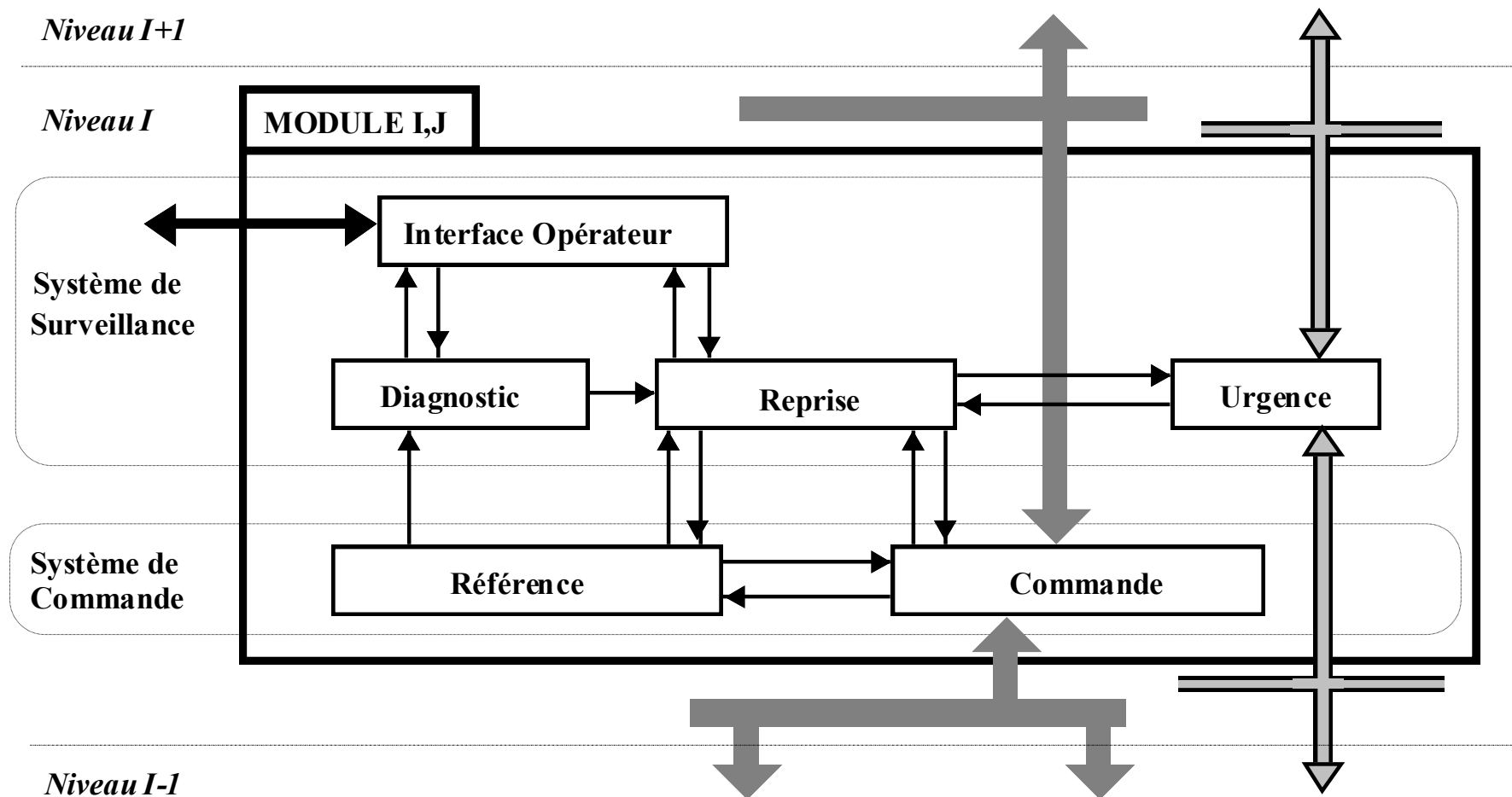
Valider les objectifs : commandes compatibles avec l'état de l'équipement, commandes compatibles avec l'état de l'installation, ...

Valider les observations : états capteurs compatibles avec la situation courante de l'équipement, redondance capteurs, états capteurs compatibles avec d'autres états capteurs de l'installation

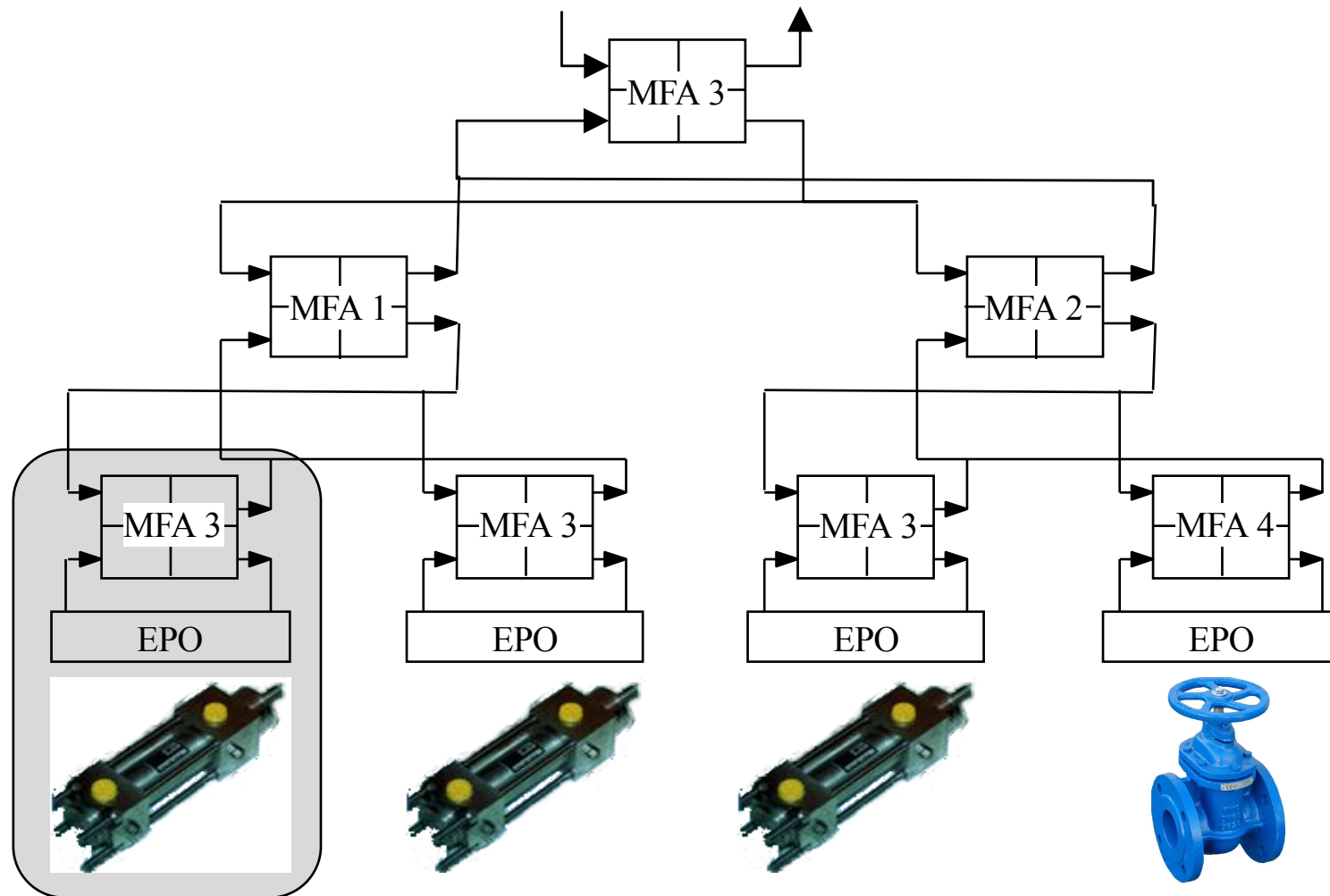
Gérer la commande : choix de la commande la plus appropriée compte tenu des objectifs à atteindre et de l'état de l'équipement

Rendre compte : élaborer des CR sur l'état réel de l'équipement, sur sa disponibilité, élaborer des statistiques, établir des pré-diagnostic, ...

Autre vision du Module Fonctionnel d'Automatisme



Structuration de la commande basée sur les MFA



MFA : Module Fonctionnel d'Automatismes

EPO : Elément de Partie Opérative

Component Based Automation (CBA)



PROFINET
CBA&IO

PROFINET

PROFINET CBA

Technological
Module

Graphical engineering

SIMATIC iMap V3.0

Configuration

SIEMENS

Automation and Drives

CBA is based on forming technological modules

Combination of:

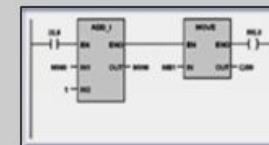
Mechanical components



PLCs and intelligent field devices

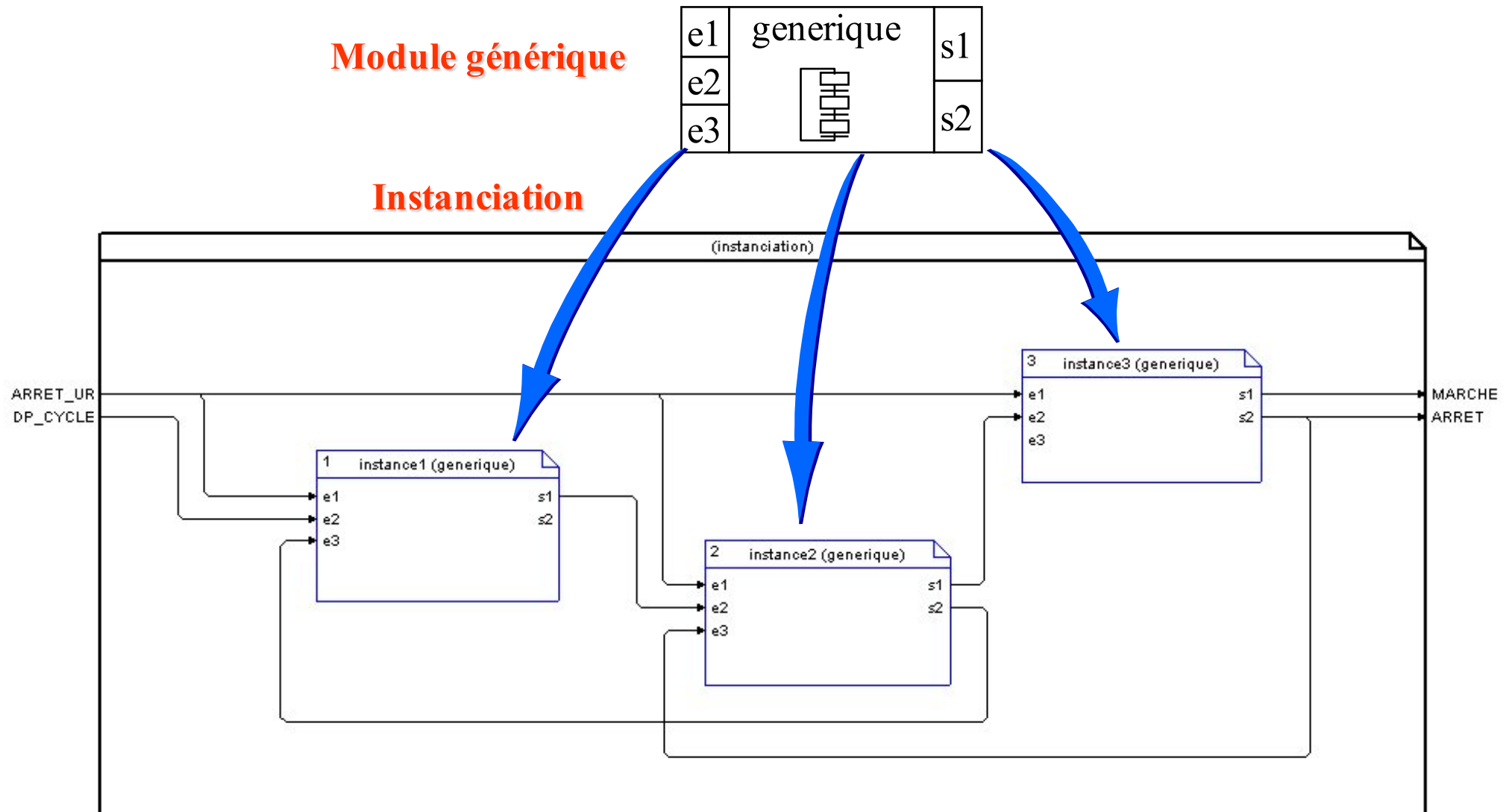


User program



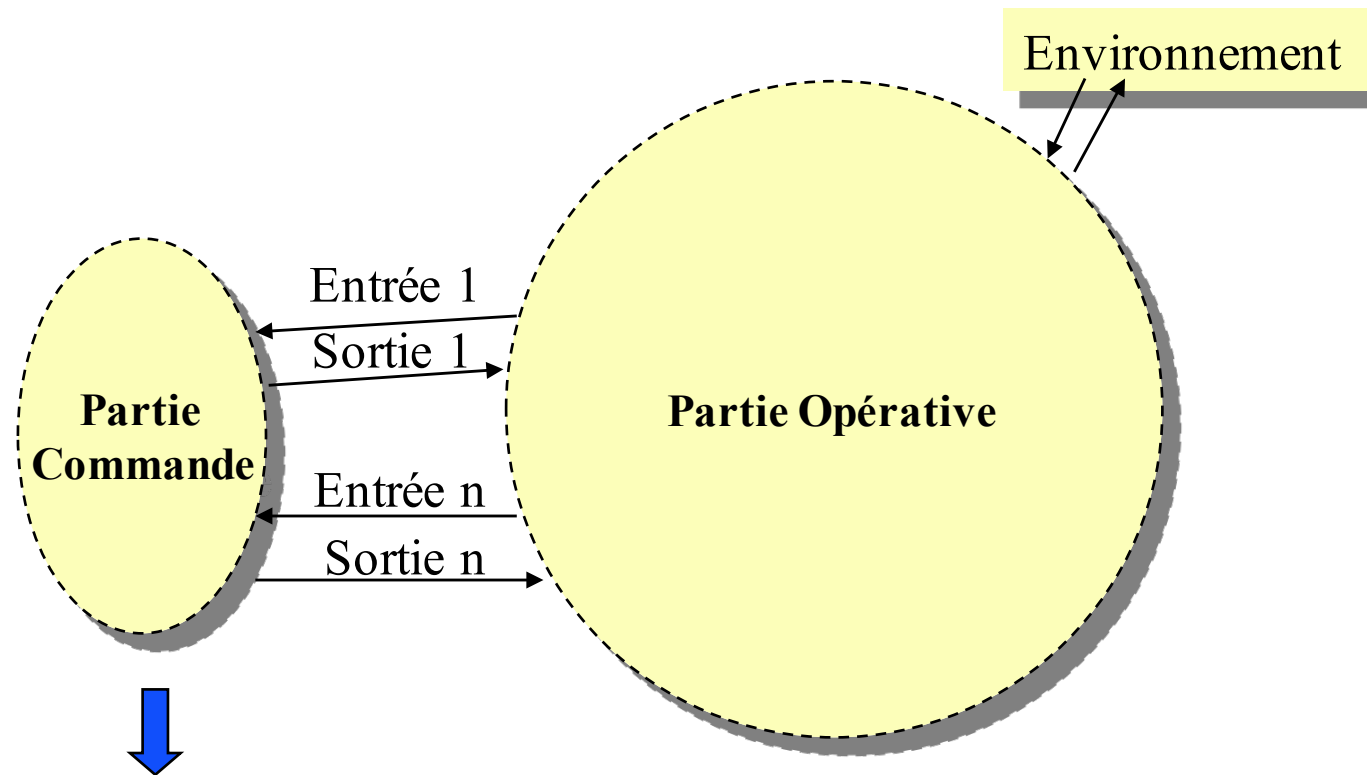
... for implementing technological modules

Composants réutilisables



Généricité ? Définition d'une bibliothèque de composants ?

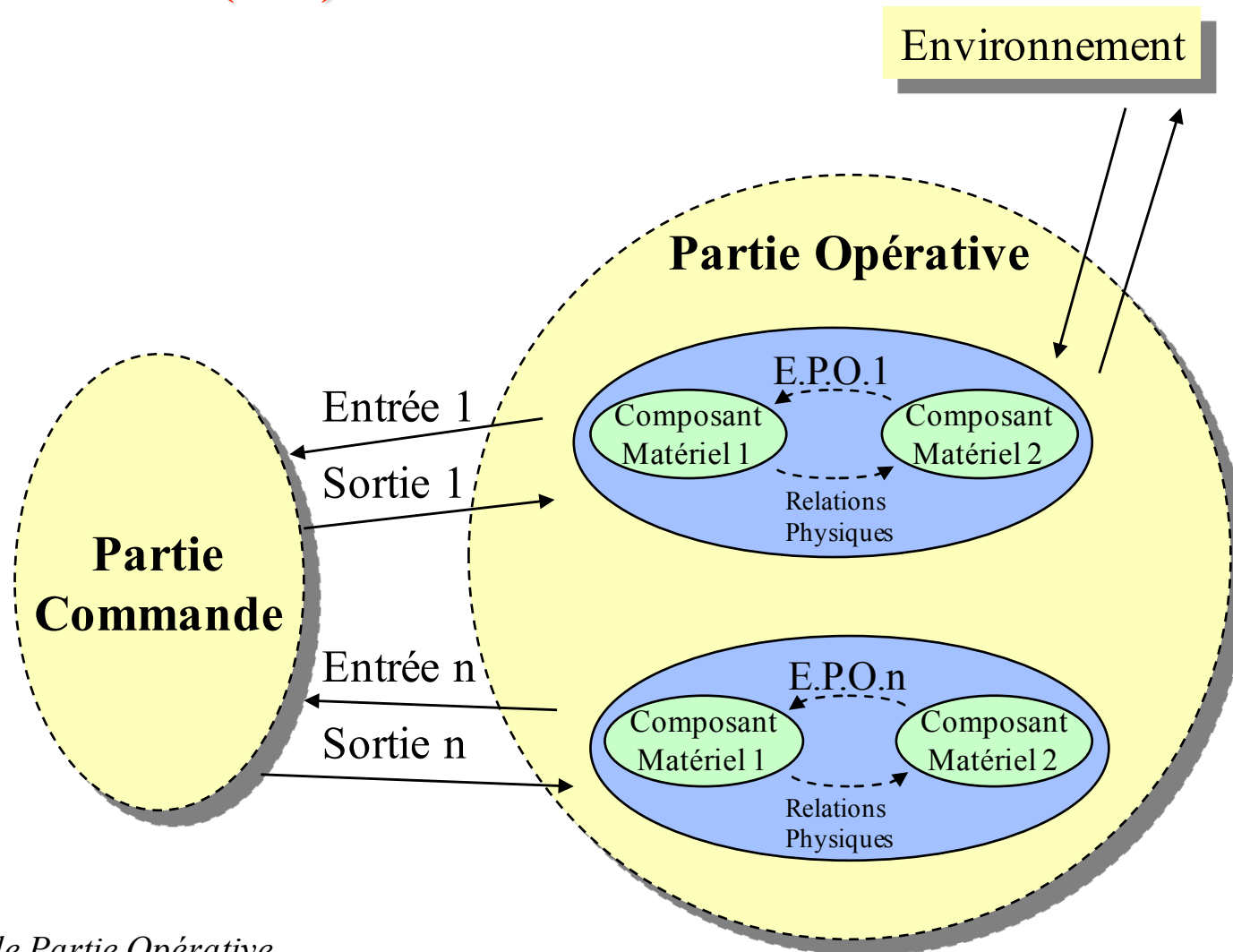
Un constat



Descriptions relatives :
- au fonctionnement attendu,
- à la technologie de la PO

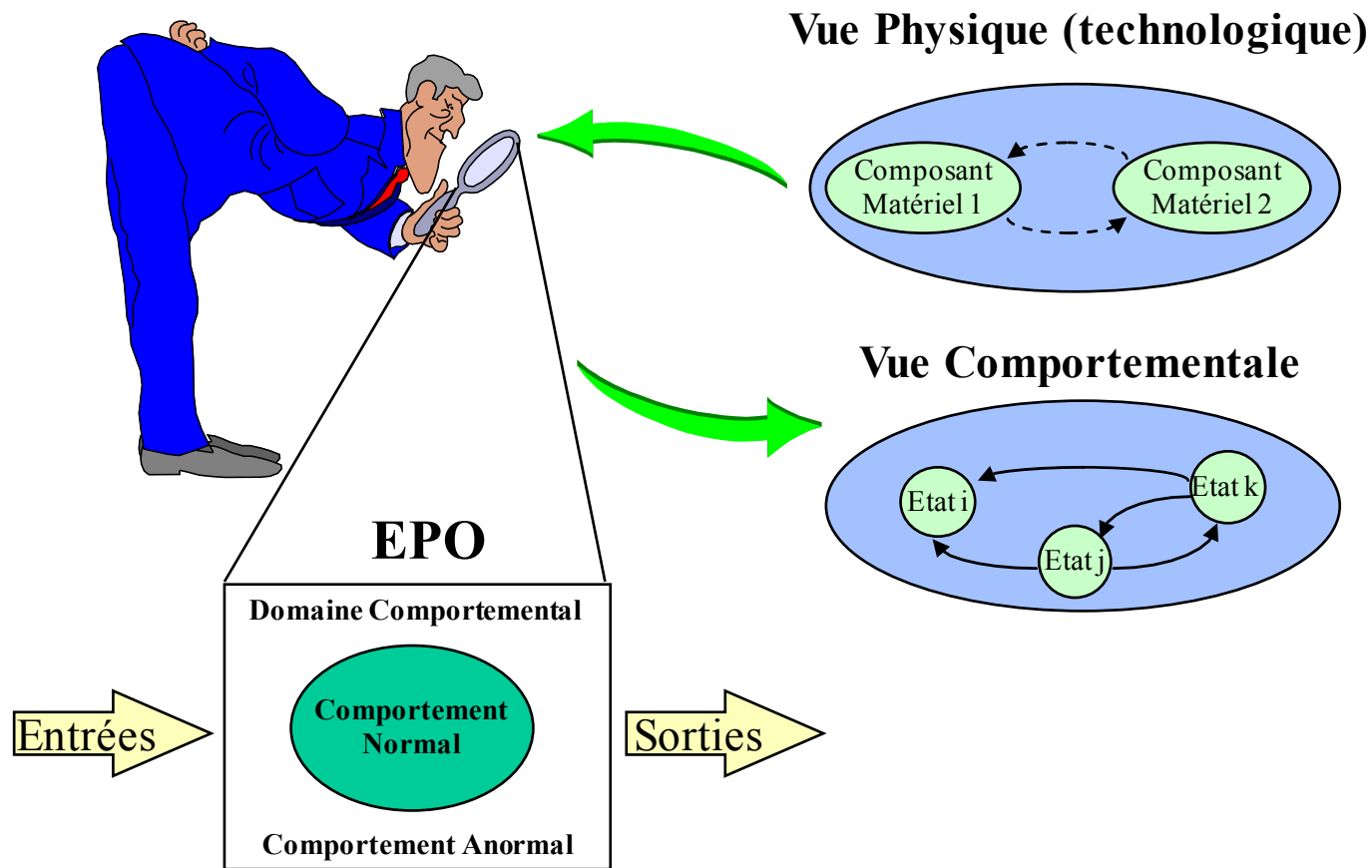
Maintenabilité ?
Réutilisabilité ?
Gestion des évolutions ?

Une constat (suite)



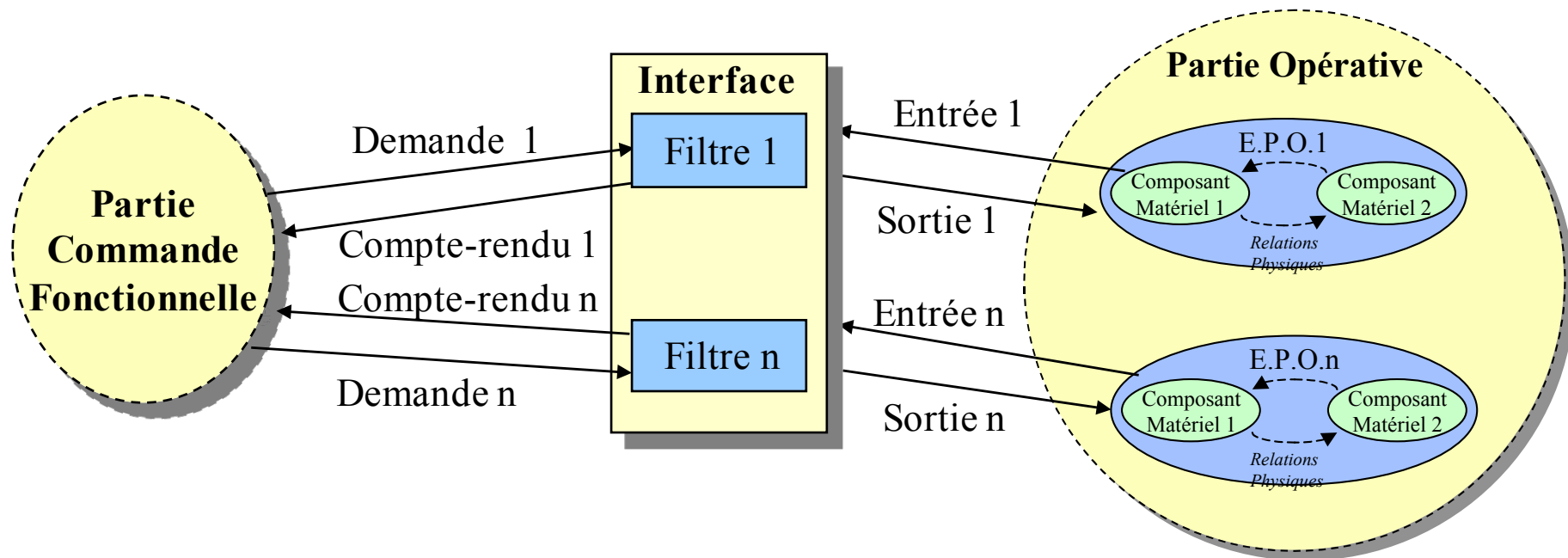
EPO : Elément de Partie Opérative

Une idée



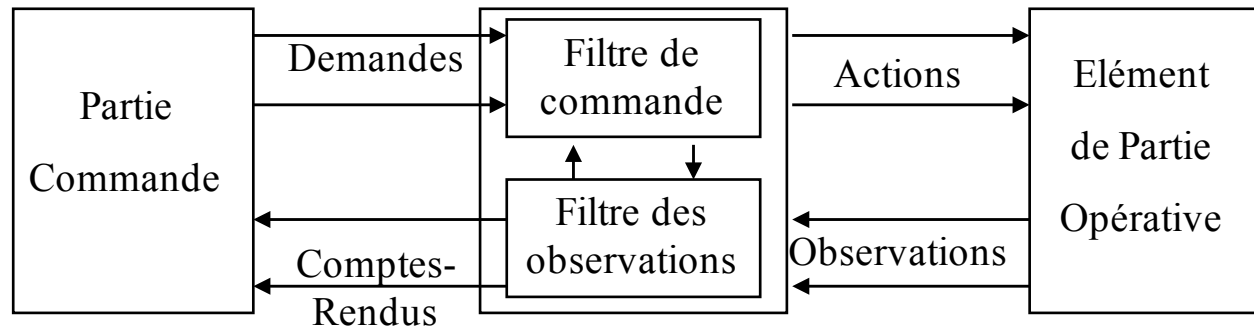
Comportement Anormal = Comportement Normal

Une idée(suite) : le filtre de comportement

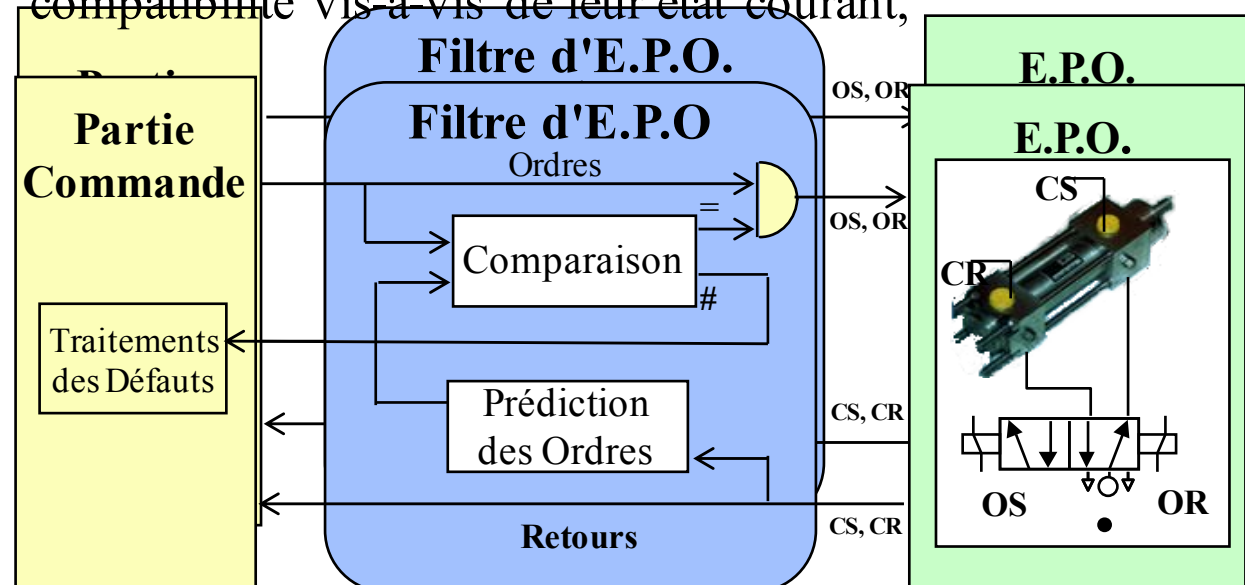


- ❑ Interface fonctionnel / technologique
- ❑ Rends la Partie Commande indépendante de la technologie de Partie Opérative
- ❑ Réutilisabilité

Filtre de comportement

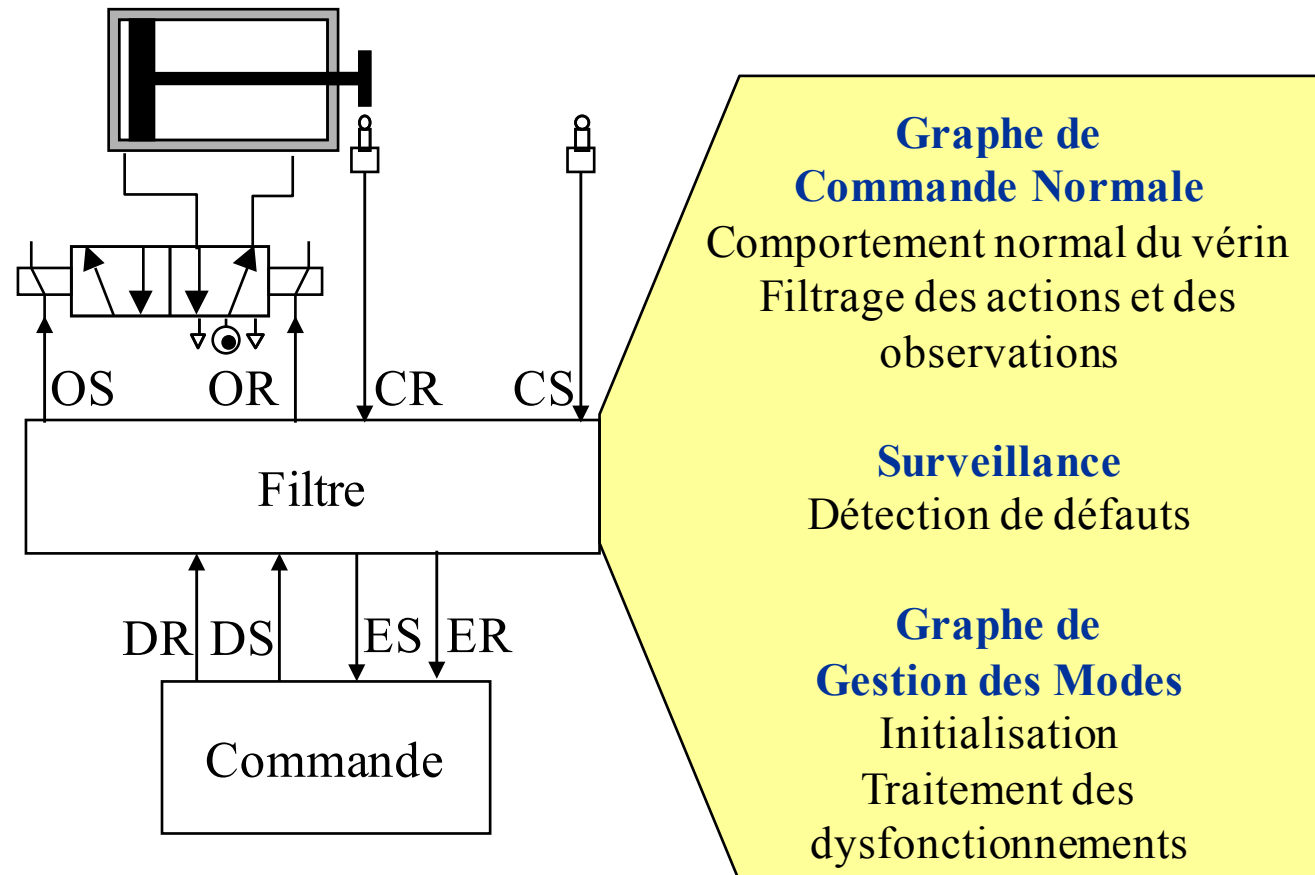


- Filtrage des observations en les comparant à destination des équipements technologiques.** en vérifiant leur compatibilité vis-à-vis de leur état courant,

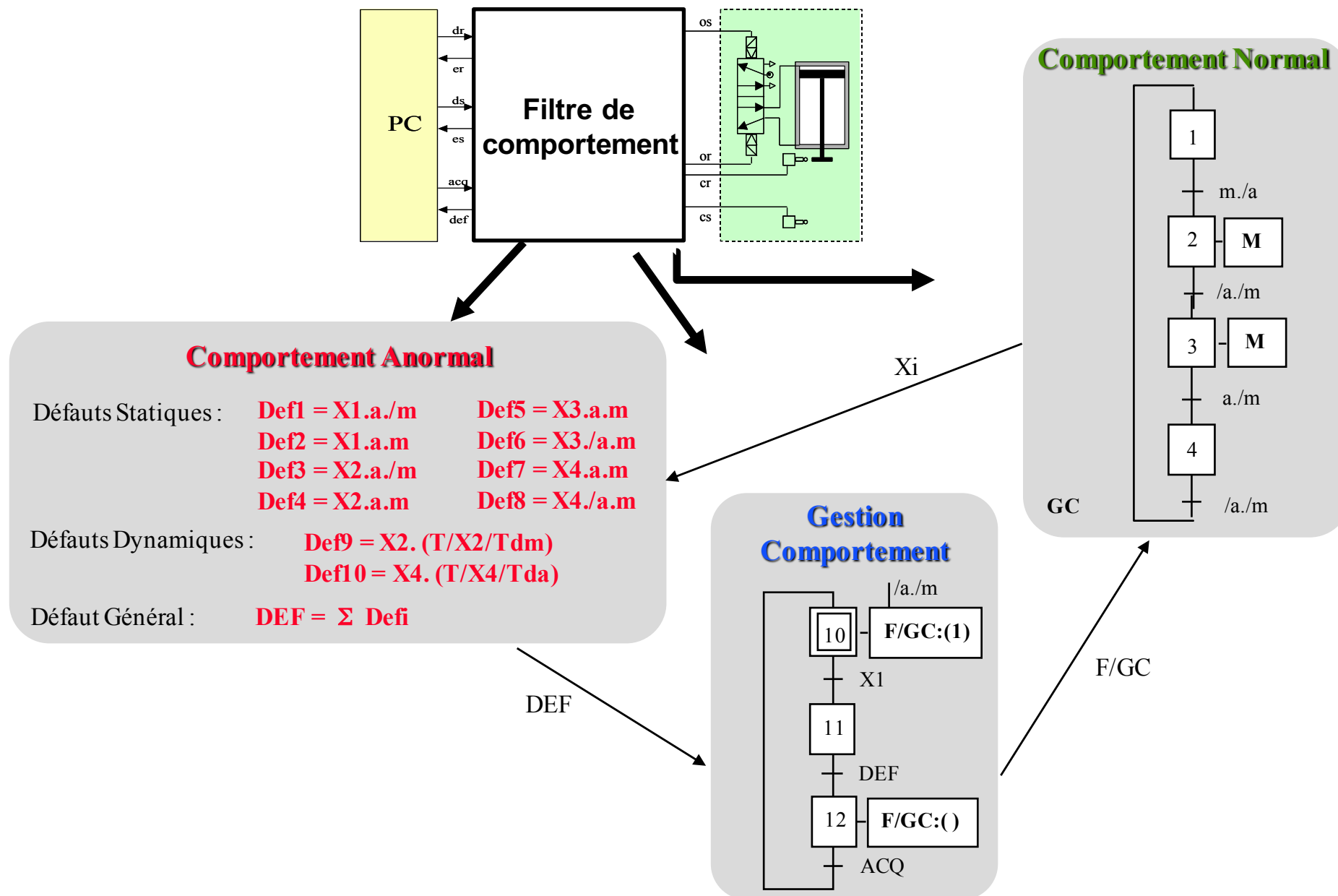


FILTRE DE COMPORTEMENT

Exemple du vérin double effet muni d'un distributeur 5/2 bistable



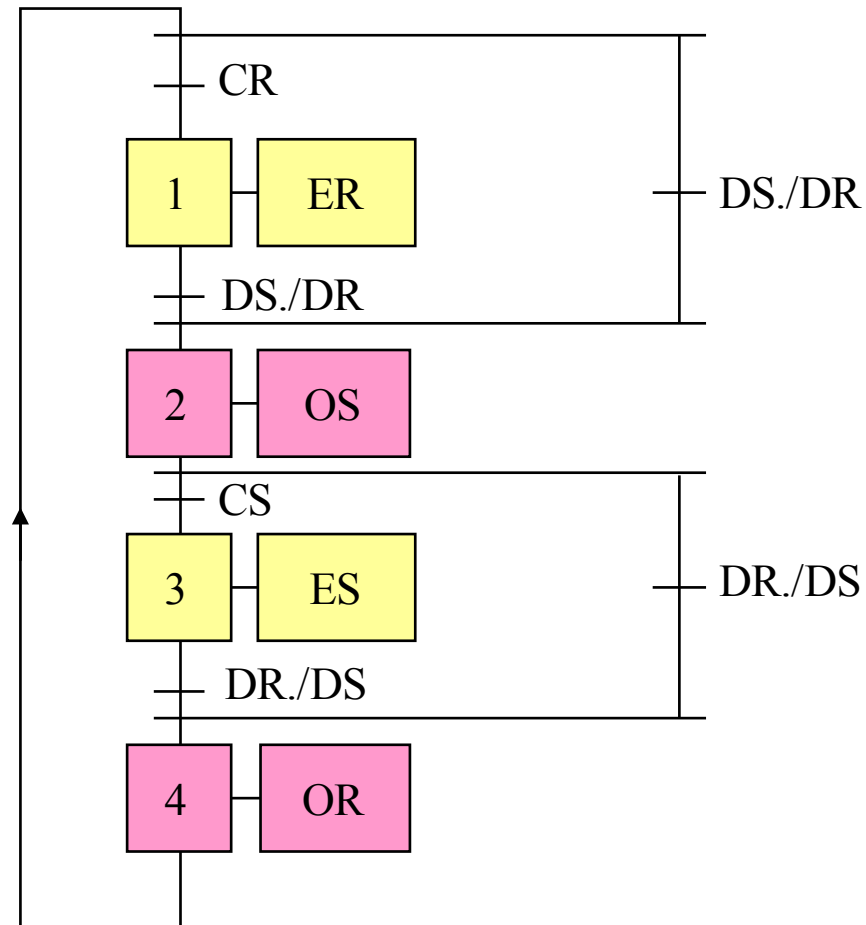
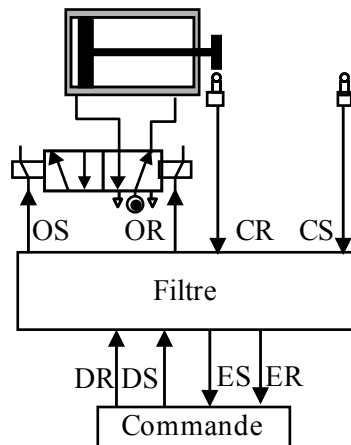
Filtre de comportement



FILTRE DE COMPORTEMENT

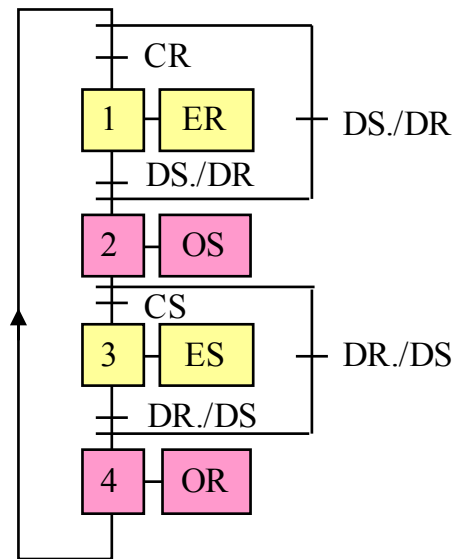
Exemple du vérin double effet muni d'un distributeur 5/2 bistable

GRAPHE DE COMMANDE NORMALE (GCN)



FILTRE DE COMPORTEMENT

Exemple du vérin double effet muni d'un distributeur 5/2 bistable



SURVEILLANCE

Défauts statiques

CR et CS
X1 et CS
X1 et ↓CR

X3 et CR
X3 et ↓CS

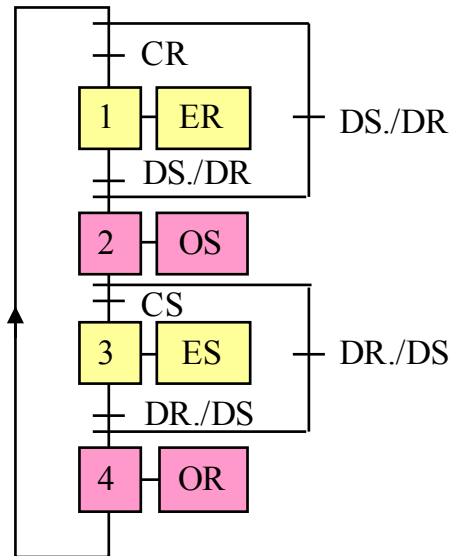
Défauts dynamiques

T/X2/TpsTropLong
T/X2/TpsInertie et CR

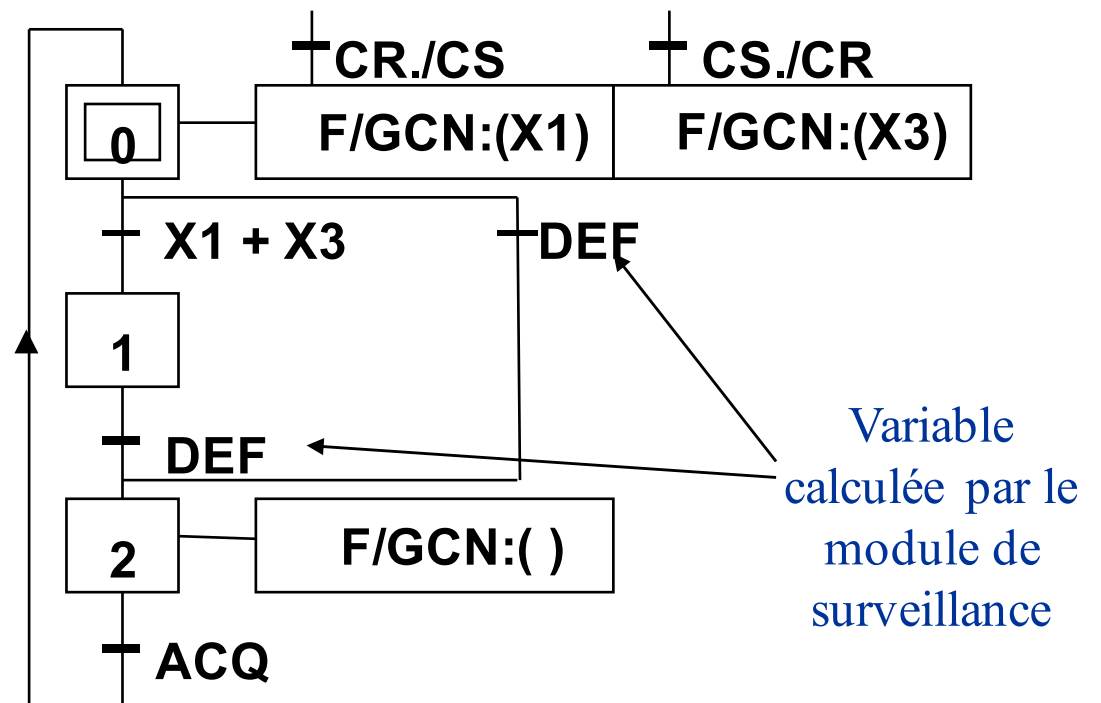
T/X4/TpsInertie et CS
T/X4/TpsTropLong

FILTRE DE COMPORTEMENT

**Exemple du vérin double effet
muni d'un distributeur 5/2 bistable**



GRAPHE DE GESTION DES MODES



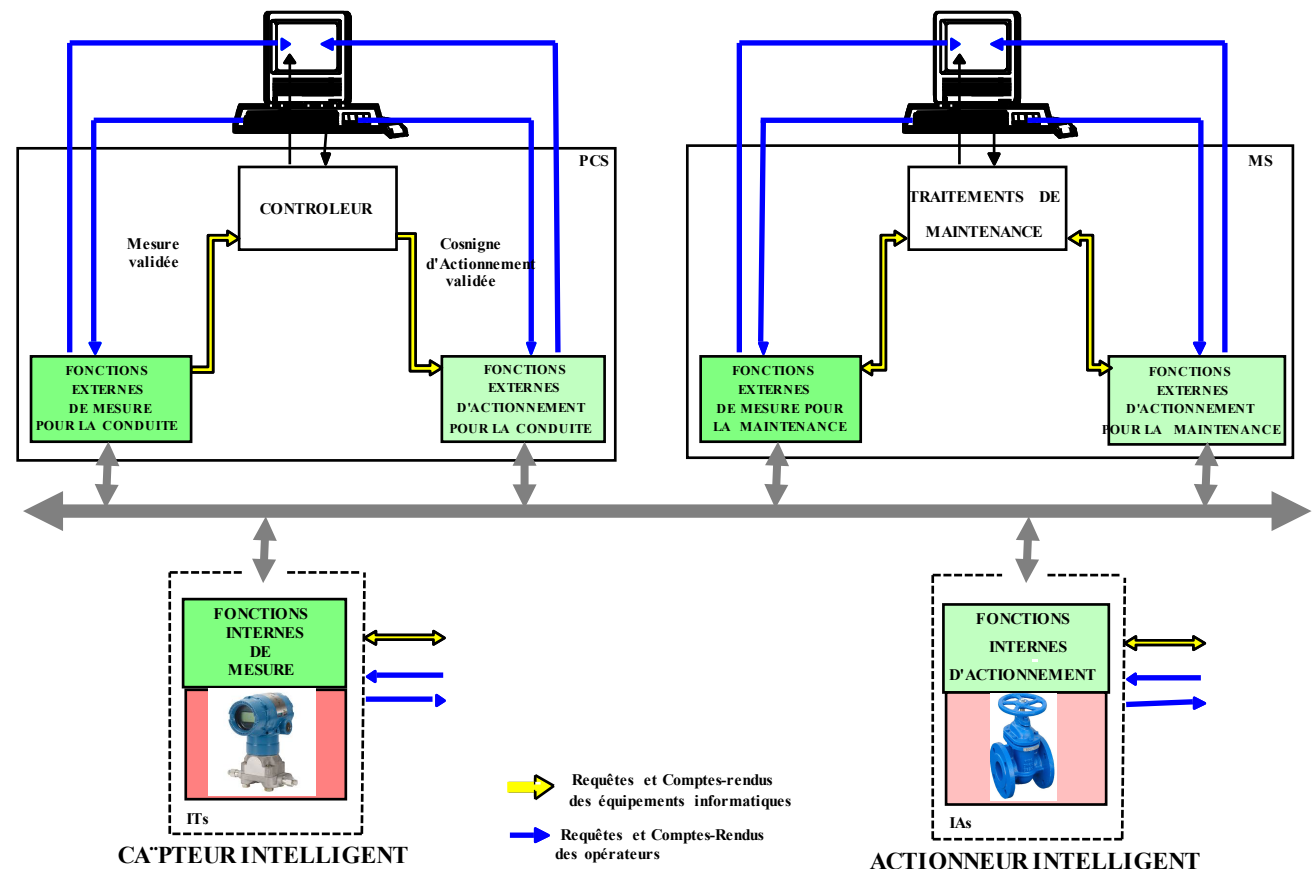
IMPLANTATION

Implantation « classique » dans les automates programmables industriels assurant la commande de l'installation.

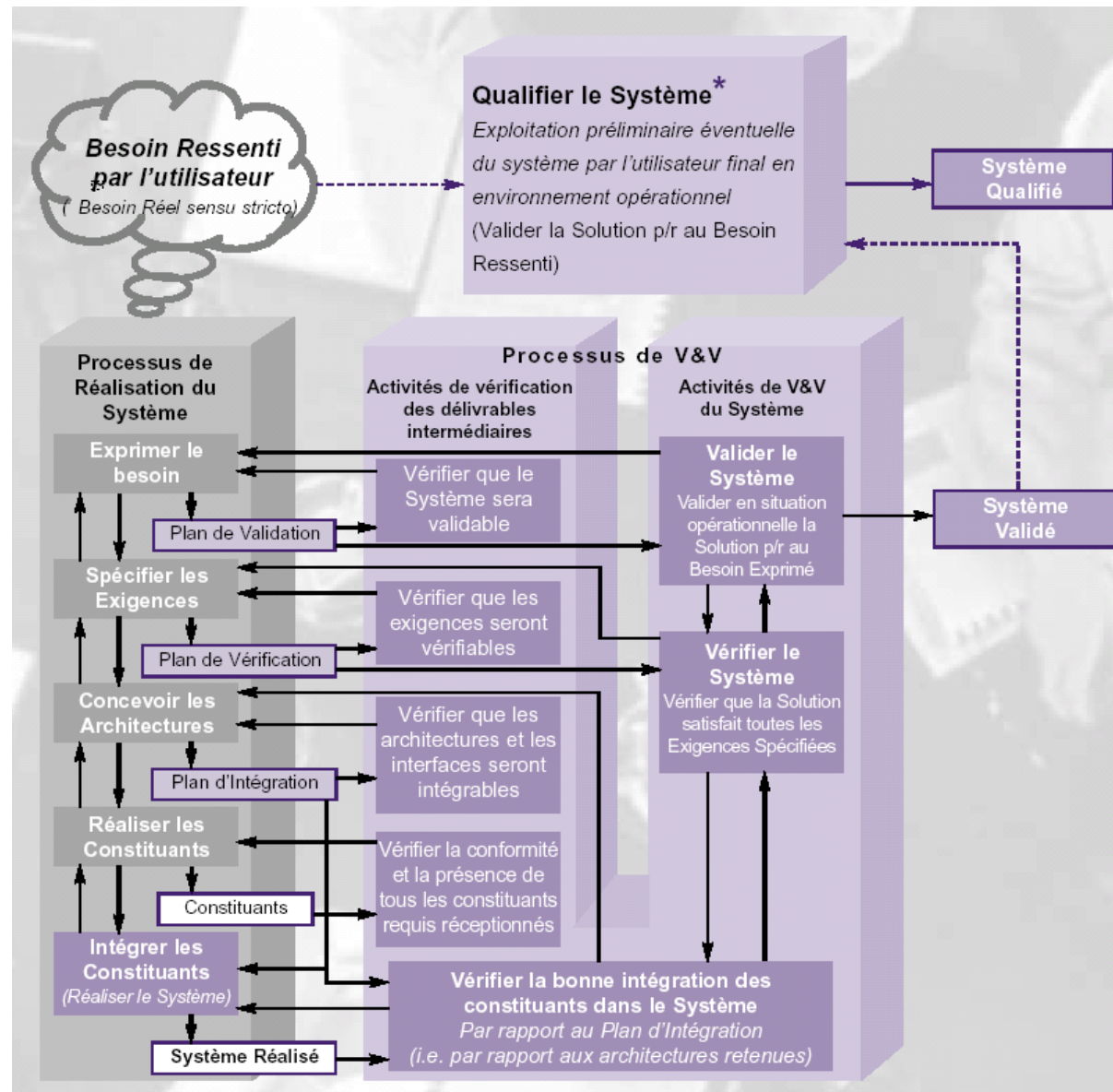
Implantation « distribuée » dans les boîtiers d'entrées/sorties déportés (implantation au pied des équipements).

Implantation « distribuée » sur de l'électronique embarquée dans les équipements : **actionneurs et capteurs intelligents**

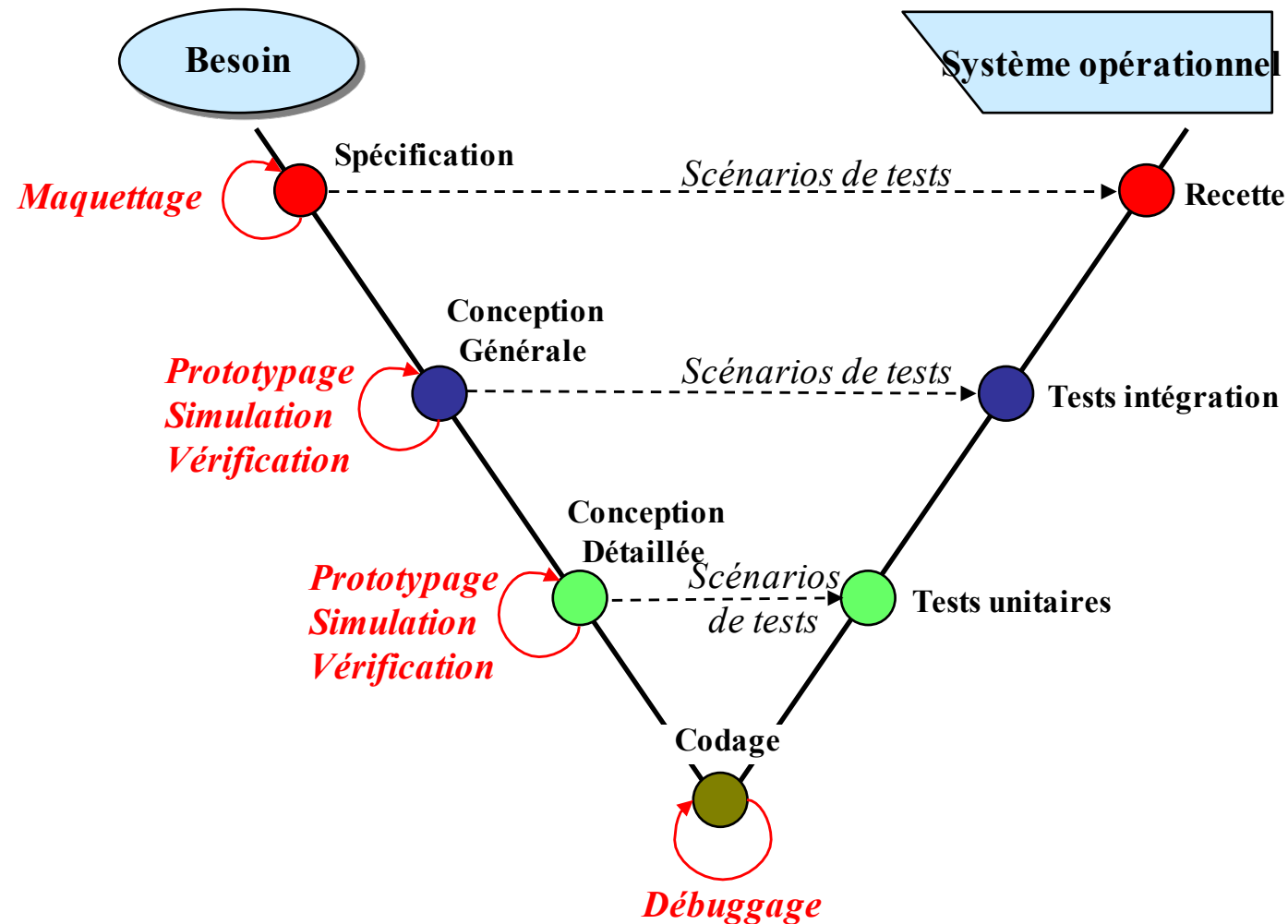
- commande
- maintenance
- gestion technique



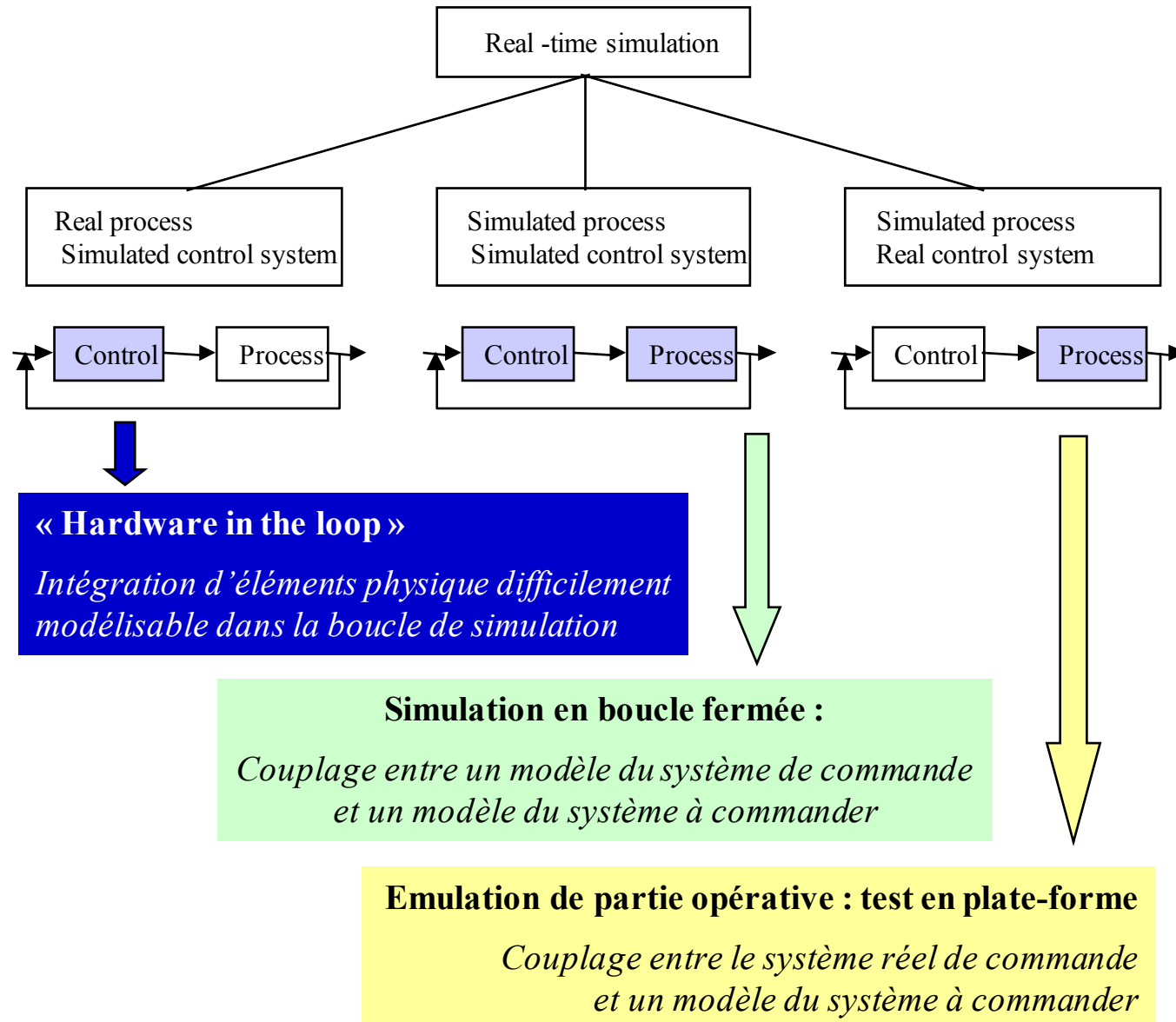
Validation & vérification



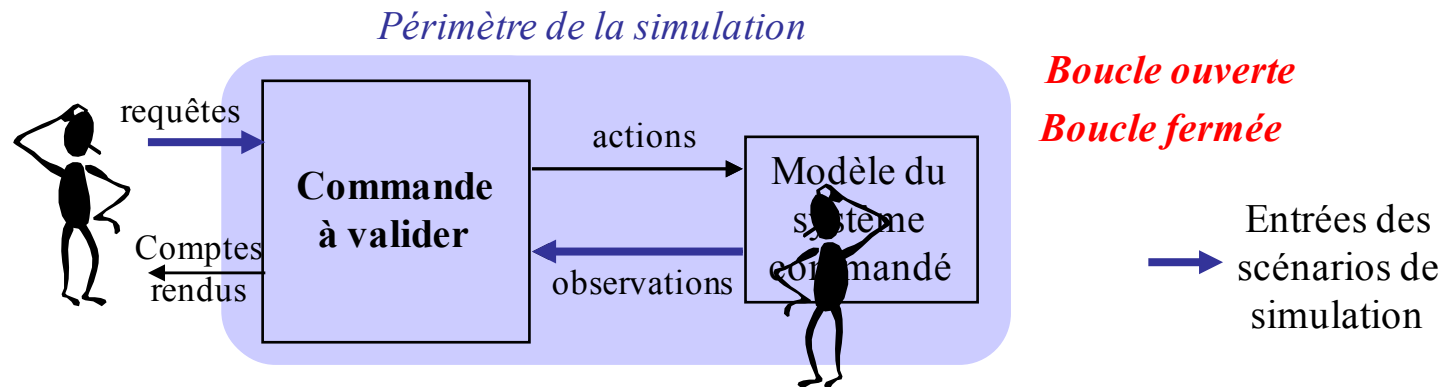
Validation / vérification



VALIDATION



SIMULATION EN BOUCLE FERMÉE



MODELISATION DE PARTIE OPERATIVE

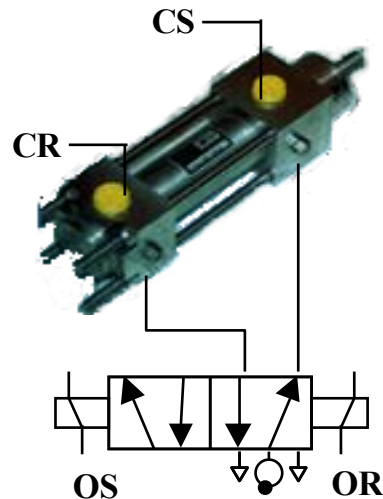
– Fonctionnement normal + Fonctionnement incidentel

- réaction de l'équipement de PO à Σ de défauts (alimentation, blocage tige vérin, ...),
- comportement dégradé (modélisation usure, ex: grippage tige de vanne, ...)

– Associations entre entités de PO

- Liaisons mécaniques,
- Interactions PO/environnement, interactions PO-produit : (ex: vérin poussant des charges)

MODELISATION DE PARTIE OPERATIVE : COMPORTEMENT NORMAL



1 - Déterminer les états « stables » : états dans lesquels les grandeurs physiques observables sont stabilisées

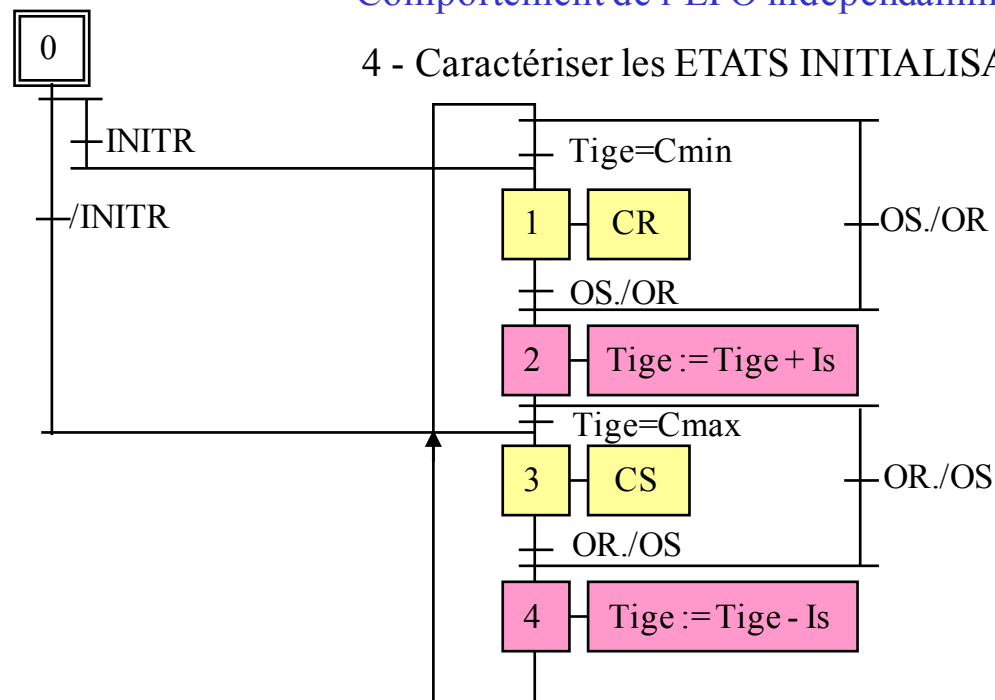
Exemple : Tige rentrée / Tige Sortie

2 - Déterminer les états « transitoires » : états permettant de passer d'un état stable à un autre état stable et dans lesquels il y a variation des grandeurs physiques

Exemple : Rentrée Tige / Sortie Tige

3 - Déterminer les conditions de passage d'un état à un autre
Comportement de l'EPO indépendamment de son utilisation

4 - Caractériser les ETATS INITIALISABLES



MODELISATION DE PARTIE OPERATIVE : COMPORTEMENT ANORMAL

1 Déterminer les différents comportements défaillants des capteurs et permettre leur émulation :

- collage capteurs
- court-circuit capteurs
- coupure capteurs

Exemple :

$$CR = X1./DefCoupCR + /X1.(DefCCtCR + DefColCR)$$

$$CS = X3./DefCoupCS + /X3.(DefCCtCS + DefColCS)$$

2 Déterminer les différents comportements défaillants des actions et permettre leur émulation :

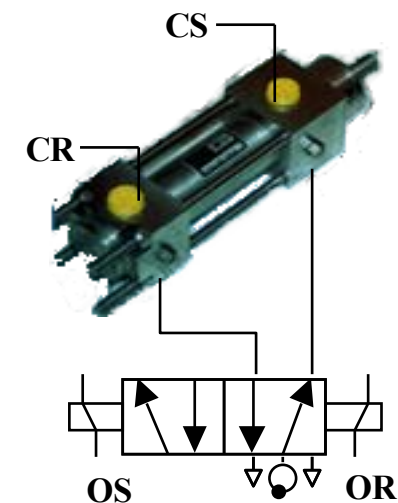
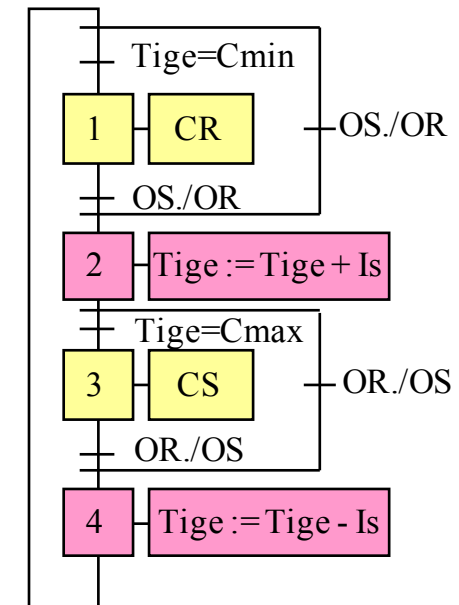
- Blocage course de la tige
- Forces de frottement
- Absence d'alimentation électrique
- Absence d'énergie pneumatique

Exemple :

$$\text{SI } X2. \text{ DefFF ALORS } Tige := Tige + Is - Fs$$

$$\text{SI } X4. \text{ DefFF ALORS } Tige := Tige - Is + Fs$$

$$\text{SI } (\text{DefBLOC ou DefELEC ou DefPNEUM}) \text{ ALORS } Tige := Tige$$



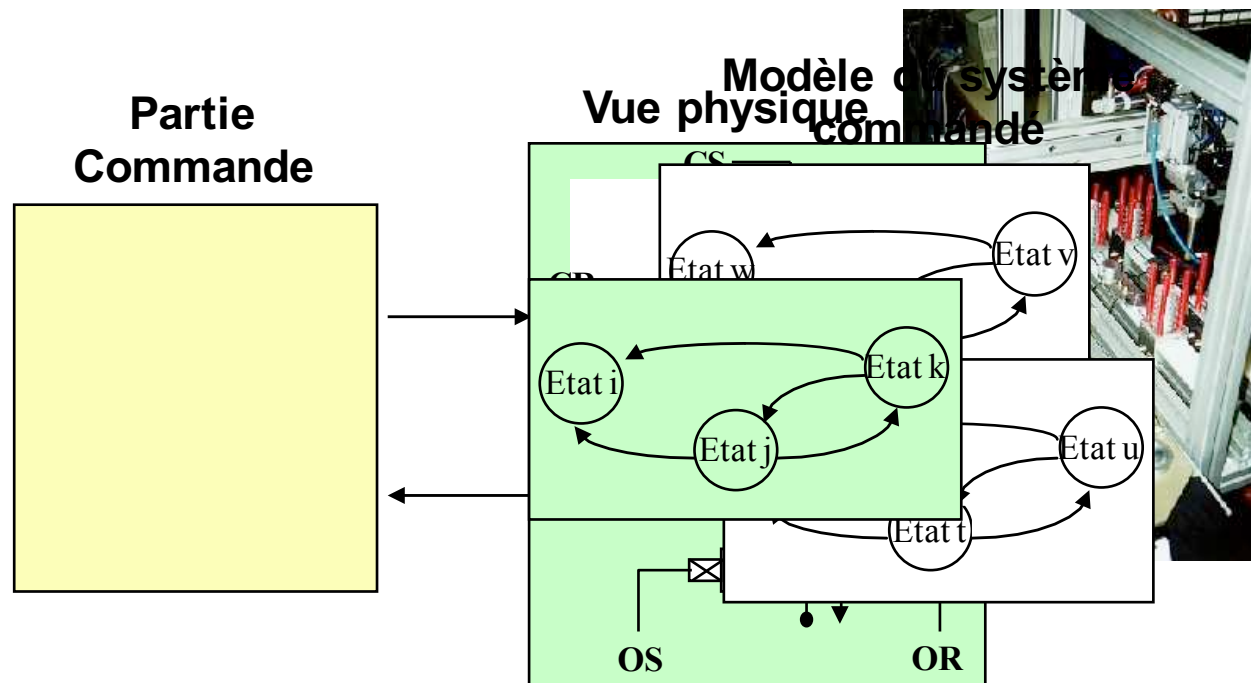
EMULATION DE PARTIE OPERATIVE

Objectif

- ✓ préparer la recette du système de commande en le testant hors site
- ✓ connecter du système de commande à un modèle du système réel à commander

Principe

- ✓ Décrire le modèle comportemental d'une partie opérative par assemblage des modèles comportementaux des équipements qui la composent,
- ✓ Paramétrer les temps de réactions de ces équipements
- ✓ Connecter ce modèle à l'architecture de contrôle-commande à valider.



TESTS

✓ Tests fonctionnels :

- ✓ Le jeu de tests ne dépend que des spécifications de l'utilisateur

✓ Tests structurels :

- ✓ Le jeu de test repose sur structure interne du code : générer des scénarios de tests permettant de parcourir l'ensemble des branches ou des chemins du code
- ✓ Le jeu de test repose sur un modèle de cette structure correspondant en fait à la sémantique opérationnelle des spécifications généralement exprimées sous forme d'un système de transitions.

✓ Principales difficultés

- ✓ le **choix du jeu de test** : définir un sous-ensemble de données d'entrées suffisamment exhaustif pour couvrir des objectifs de tests clairement définis.
- ✓ l'évaluation du **taux de couverture** du jeu de test (définie comme une mesure de la représentativité des situations auxquelles est un système est soumis durant sa validation par rapport aux situations auxquelles il sera confronté en phase opérationnelle) :
 - analyse du graphe de contrôle du programme,
 - analyse des flots de données parcourant le programme,
 - Mutation : créer des mutants du code original - copies du code dans lesquelles des erreurs ont été introduites aléatoirement - et de les soumettre à un jeu de test dont le taux de couverture sera déterminé en fonction du pourcentage de mutants détectés.
- ✓ **évaluation des résultats** : impose une description précise des résultats attendus lors de l'exécution d'un scénario de simulation ou de test.