

# Supervision et diagnostic des systèmes industriels

## Concepts et terminologies :

### Processus industriel :

Un assemblage fonctionnel de composants technologiques associés les uns aux autres de façon à former une entité physique accomplissant ou pouvant accomplir une activité bien définie telle que : la production de produit ou l'accomplissement d'un service

### Exemples :

**Une raffinerie** : produits pétroliers élaborés

**Une centrale** électrique : courant électrique

**Un avion** : service de transport de bien ou de personnes

**Un ordinateur** : service de calculs scientifiques ou de gestion

Pour assurer ces objectifs fonctionnels de haut niveau le processus fait appel à un ensemble de systèmes interconnectés (Figure 1) chaque système assure une ou plusieurs fonctions bien définies. Chaque système peut être à son tour décomposé en sous-systèmes et enfin chaque sous-système par un ensemble de composants

En règle générale et en pratique ce sont sur ces composants que l'on effectuera de la maintenance

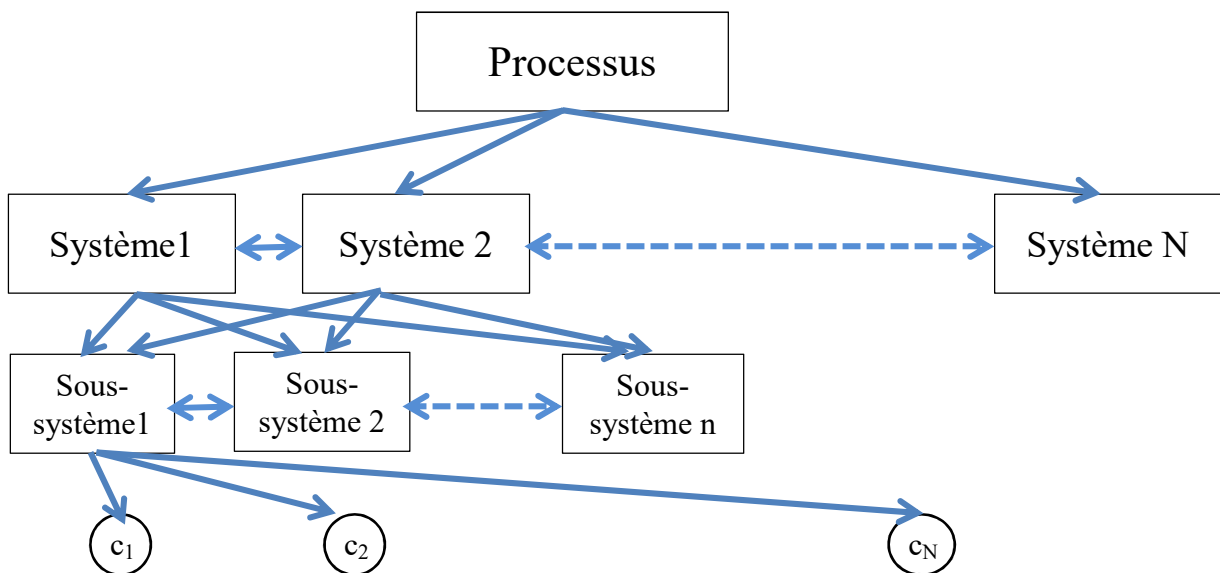
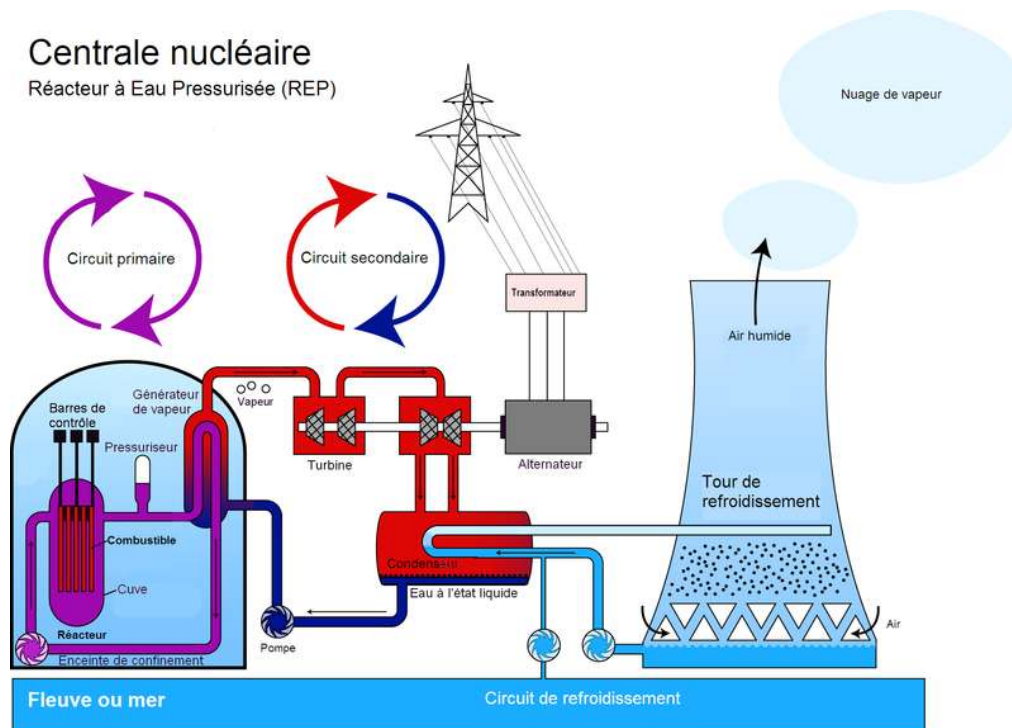


Figure 1 : Décomposition hiérarchique d'un processus

## Exemple des systèmes

- Une centrale nucléaire dont un générateur de vapeur sert à évacuer la chaleur du circuit primaire et de produire de la vapeur (Figure 2)



- Pour un avion les moteurs contribuent à la fonction propulsion

## Exemple : des composants bien identifiés

- Des moteurs électrique et diesels ;
- Des vannes et des pompes ;
- Des unités centrales d'ordinateur.

## Nature des systèmes

Les méthodes de diagnostic ne possèdent pas de caractère universel en fonction de la nature de processus, systèmes, sous-systèmes et composants, il faudra mettre en œuvre à chaque fois des méthodes spécifiques tenant compte des technologies des différents processus et système cependant avec l'usage de l'automatique moderne de l'estimation et d'observation on peut réaliser le diagnostic des différents systèmes.

## Technologie des systèmes

- Système mécanique dynamique : moteurs, pompes, turbines, réacteurs,
- Système mécanique statique : tuyauteries, enceintes,

- Systèmes mécaniques programmés : minuterie, temporisateur etc...
- Système thermodynamique : échangeurs ,fours ,colonnes de distillation, condenseurs...
- Systèmes électriques ou électrotechniques analogiques ou logiques : capteurs, régulateurs et automates programmables.

Les fonctions assurées par le système possèdent une hiérarchie en terme d'importance et il convient toujours de s'interroger sur les aspects techno -économique avant la mise en œuvre d'une méthode de diagnostic.

Pour effectuer cette analyse il est nécessaire d'identifier les caractéristique des systèmes et composants :

- Les **fonctions** du système en distinguant les missions principales et secondaires et leurs importances relatives ;
- La **structure** du système en analysant les liens entre systèmes et composants ;
- Les **modes de fonctionnement** des systèmes et les caractéristiques des composants ;
- Les **conditions d'exploitation** du système ;
- **L'environnement** du système pour connaitre les délimitation et les contraintes externes ;
- **L'inventaire** des moyens de mesures.

**Deux cas de figure se présentent :**

- Soit le projet se situe à la **phase de conception**.
- Soit ce projet doit prendre en compte **l'existant**.

**-Système en phase de conception**

Il est alors possible de procéder à une analyse de la sureté de fonctionnement pour se fixer les objectifs a priori de **disponibilité**. Dans ce cas on pourra alors prévoir des matériels redondants et une instrumentation pertinente afin d'accéder à l'information indispensable pour la mise en œuvre du diagnostic.

**-Système déjà existant**

Il faudra très souvent se contenter de l'information existante ce qui limitera l'exhaustivité du diagnostic.

## Quelques définitions

### ▪ Défaillance

C'est la **cessation** de l'aptitude d'un ensemble à accomplir sa ou ses fonctions requise(s) avec les performances définies dans les spécifications techniques (cahier des charges). L'ensemble est indisponible suite à la défaillance.

Types de défaillances :

- Défaillance naissante ;
- Ayant un caractère passager ;
- Constante ;
- Evoluant des temps ;
- Catastrophique

### ▪ Faute ou défaut

**Déviatiion** d'une variable observée ou d'un paramètre calculé par rapport à sa valeur de référence ( nominale) dans les caractéristique attendues du processus lui-même, des capteurs , des actionneurs , ou de tout autre équipement.

Une défaillance conduit à un défaut mais un défaut n'induit pas nécessairement une défaillance.

## Les différents types

### ▪ Défaut capteur $\Delta y(t)$

Se caractérise par un écart entre la valeur réelle de la grandeur et sa mesure (Figure 3).

- a- Bias= erreur constante.
- b- Perte de sensibilité (blocage).
- c- Dérive.
- d- Perte de précision
- e- Calibrage

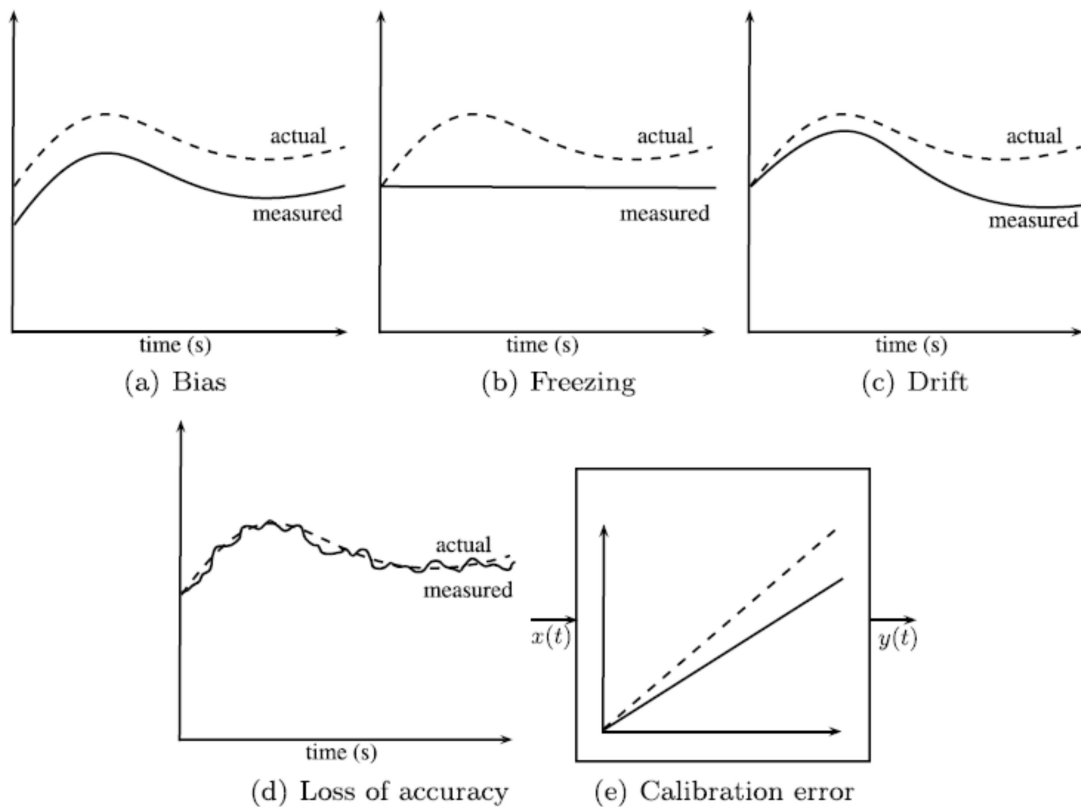


Figure 3 : Type de défaut et défaillance d'un capteur

▪ **Défauts actionneurs  $\Delta u(t)$**

Ils se traduisent par une incohérence entre les commandes et la sortie. La sortie obtenue n'est pas celle que l'on désire (Figure 4).

Exemple : la pompe délivre un débit incohérent avec sa caractéristique hydraulique.

- a- Blocage sur place.
- b- Perte de contrôle.
- c- Saturation (maximum de sortie).
- d- Perte d'efficacité.

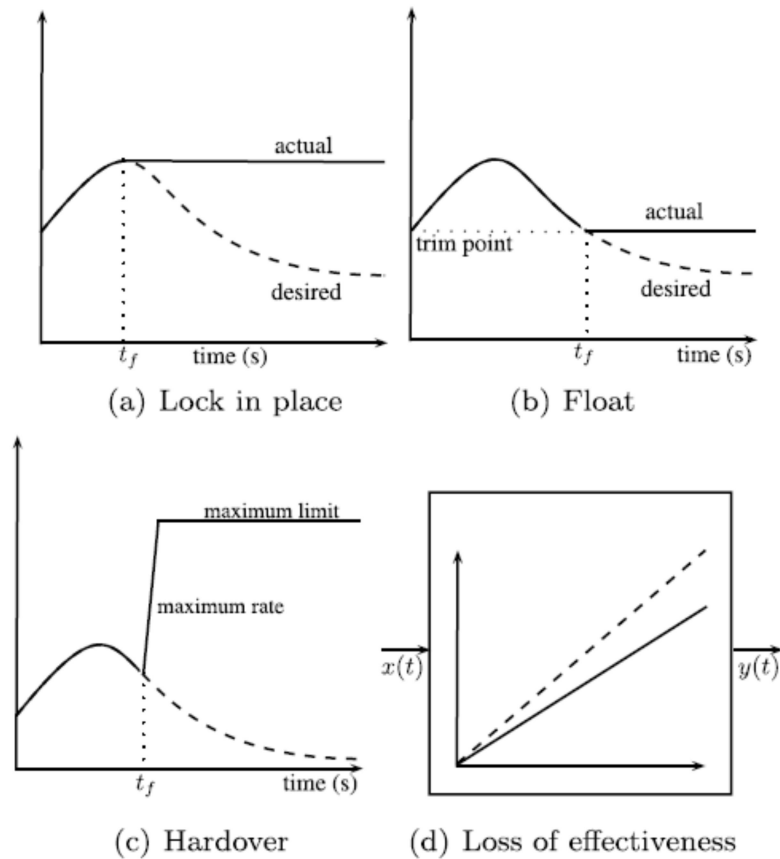


Figure 4 : Type de défaut et défaillance d'un actionneur

- **Défauts du processus physique  $\Delta u_{sys}(t)$**

Défaillance dues à des modifications de la structure (fuite rupture d'un organe...) ou des paramètres du modèle (encrassement d'un tube d'un four, bouchage d'un tuyau...)

- **Défauts du système de commande (algorithme de commande)**

Ils se caractérisent par un écart entre la valeur réelle de la sortie du contrôleur, selon l'algorithme implémenté, et sa mesure

- **La panne**

**L'inaptitude** d'un dispositif à accomplir une fonction requise.

Dès l'apparition d'une défaillance d'un dispositif celui sera déclaré en panne.

Types de pannes :

- Panne intermittente
- Panne fugitive

- **Symptômes**

Traduction d'un changement d'un comportement d'une variable détectée par comparaison à des valeurs de référence.

## **Commande, surveillance et supervision**

### **Les modes de fonctionnement d'un système :**

#### **Les modes de fonctionnement normaux :**

Ils regroupent le mode de fonctionnement nominale qui doit être en parfaite adéquation avec la qualité de la mission

#### **Les modes de fonctionnement anormaux**

Lorsque le système est dans ce mode la mission peut être partiellement remplie ou non, ces modes peuvent être décomposés en :

- **Modes interdits :** le système ne doit absolument pas fonctionner pour des raisons de sécurité
- **Modes défaillant :** Ils correspondent à de mauvais fonctionnement du système tels que les pannes d'un sous-ensemble ou le système complet.
- **Modes dégradés :** Ils correspondent à l'accomplissement de la mission soit d'une façon partielle soit avec des performances moindres
- **Modes critiques :** Ce sont des modes pour lesquels le système présente des caractéristiques de fonctionnement très particulières et souvent non préférées.

### **Rôle de la supervision pour les modes de fonctionnement**

- En fonctionnement normale son rôle est surtout de prendre en temps réel les dernières décisions et faire l'ordonnancement et de l'optimisation et modifier en ligne la commande et gérer le passage d'un algorithme de surveillance à l'autre.
- En présence de défaillance la supervision prendra toutes les décisions nécessaires pour le retour vers un fonctionnement normal ou de déclencher des procédures d'urgence, etc...

## Hiérarchisation de la supervision

Depuis l'apparition de l'automatisation intégrée, la supervision est devenue prépondérante par rapport à la commande et la surveillance et est classée au premier niveau.

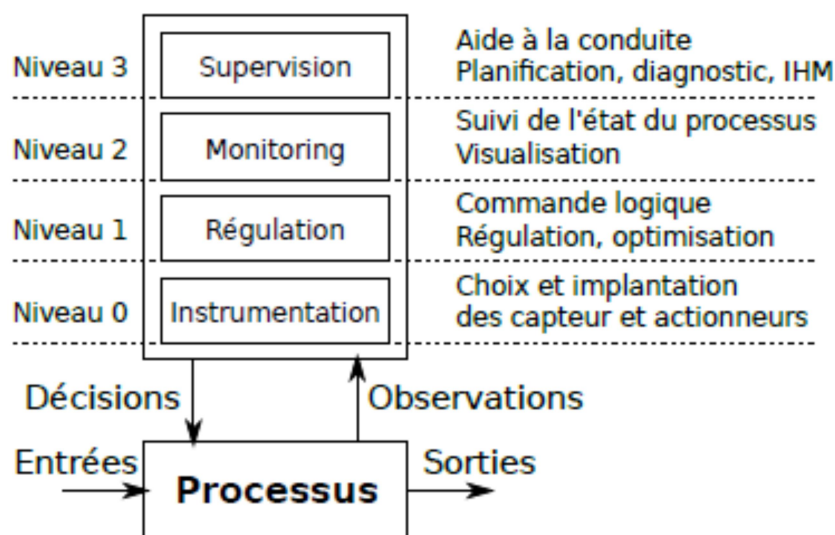


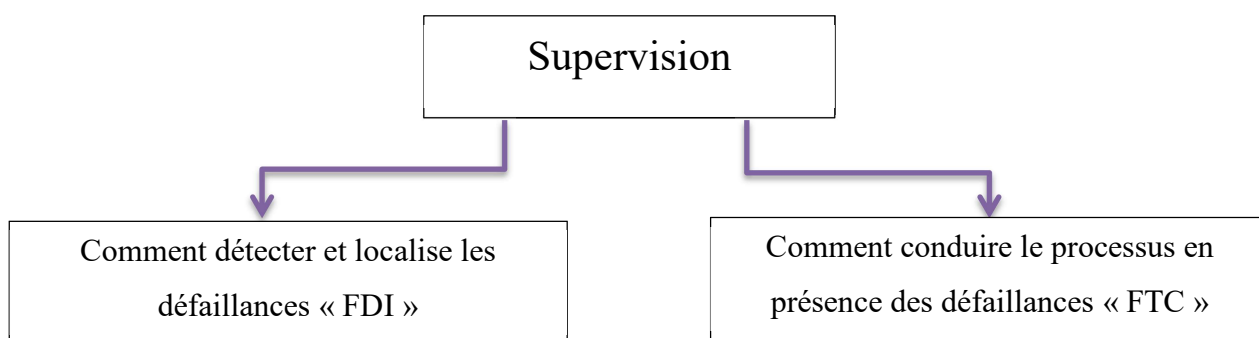
Figure 5 : Supervision, surveillance et automatisation intégrée

## Activités concernées par la supervision

La supervision est concernée par deux activités pour la bonne conduite du processus.

**Activité-1** : La détection et localisation de défauts « FDI » (Fault Detection and Isolation) dans le niveau de diagnostic.

**Activité-2** : La conduite du processus en présence de défaut appelé aussi commande tolérante aux fautes « FTC » (Fault tolerant control) à partir de la reconfiguration nécessaire chaque fois que possible, au niveau d'accommodation.





**Exemple** : Lorsqu'une lampe d'alarme signal on se pose les questions suivantes :

- Quelle est l'origine de la défaillance ?
- Que dois-je faire ?

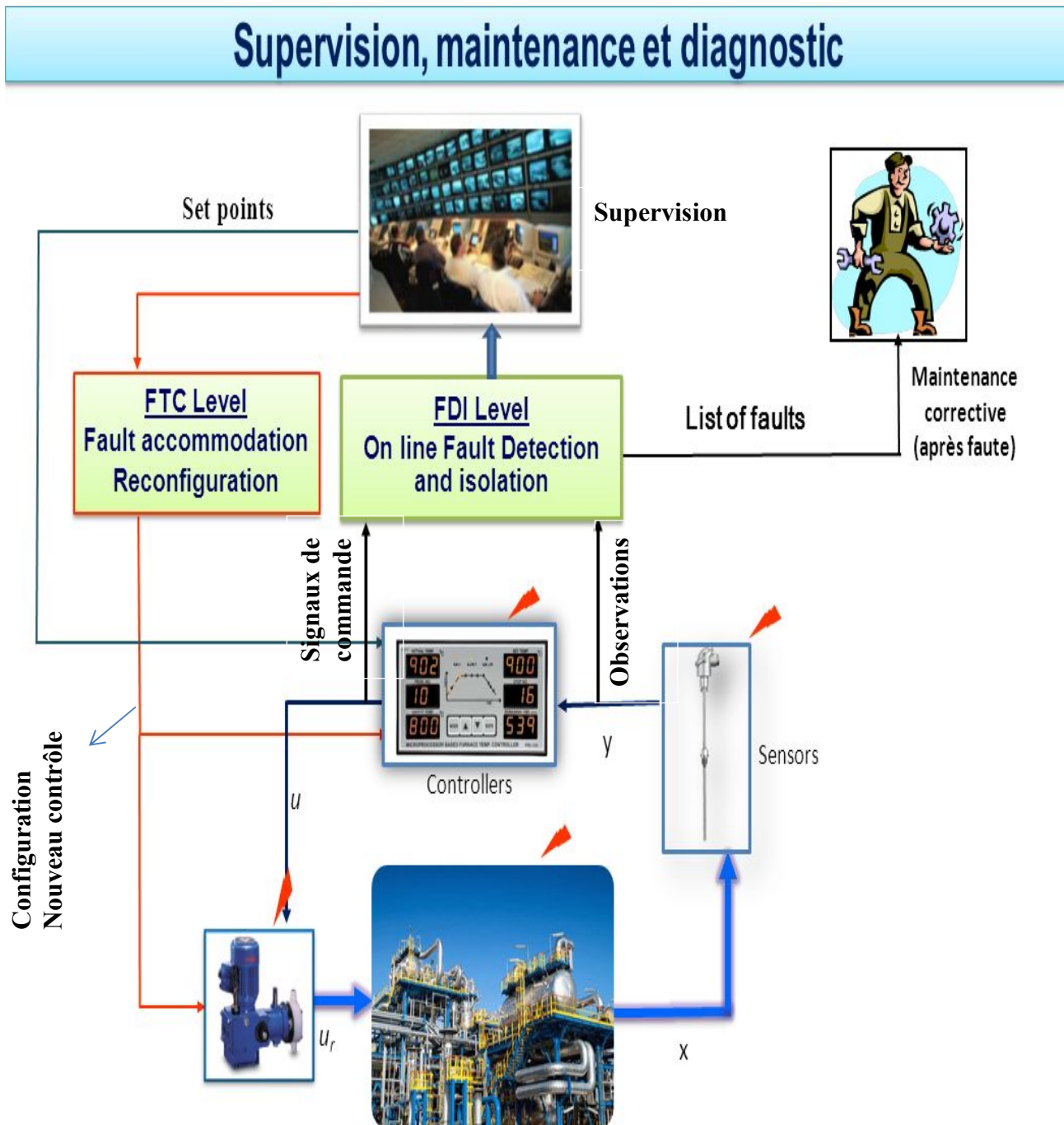


Figure 6 : schéma global de supervision

## Les fonctions de supervision, de surveillance et de commande

Les fonctions présentées dans ce paragraphe sont utilisées pour concrétiser les opérations de surveillance et de commande des systèmes de production. Chacune de ces fonctions a un rôle particulier.

### Fonctions de supervision :

La décision : détermine un état accessible pour le retour au nouveau fonctionnement normal et les différentes actions correctives à suivre pour atteindre cet état.

### Fonctions de commande :

La commande: son rôle est de faire exécuter un ensemble d'opérations par le procédé en fixant des consignes de fonctionnement en réponse à des ordres d'exécution. Elle pourra également être amenée à exécuter des opérations de test, de réglage, de nettoyage permettant de garantir que le système de production pourra assurer sa mission.

La reprise : assure l'exécution d'une séquence d'actions correctives destinées à rendre au système de production tout ou partie des fonctionnalités requises pour assurer sa mission, la perte d'une partie des fonctionnalités initialement disponibles faisant suite à l'occurrence d'une défaillance,

L'urgence: cette fonction est chargée d'appliquer des actions prioritaires et prédéfinies sur le système commandé afin d'assurer la sécurité de l'installation et du personnel.

### Rôle de la surveillance :

Le rôle d'un système de surveillance est de connaître à chaque instant l'état du procédé, fournir des données validées au système de conduite, améliorer la disponibilité et la sûreté de fonctionnement du procédé. Ce rôle est effectué à partir de la recherche de signatures liées aux défaillances, par retour d'expérience, modélisation, simulation et essais expérimentaux.

### *Les principales difficultés de la surveillance sont alors :*

- Systèmes mal identifiés, mal connus, etc.
- Mesures partielles, bruits de mesure, valeurs incohérentes :
  - les mesures collectées sur un processus physique sont en général affectées d'erreurs/d'incertitudes.
  - les mesures sont nécessaires pour connaître l'état de fonctionnement d'un processus.
  - les mesures sont nécessaires pour la conduite d'un processus et pour l'optimisation de son fonctionnement.

## Les fonctions d'un système de surveillance

### 1-La détection :

L'objectif est de détecter les défauts le plus précocement possible et sans erreurs (e.g: fausse alarme ou non détection). Une décision doit être prise pour déclencher une alarme, si le dysfonctionnement est réellement causé par un défaut et ne pas la déclencher s'il s'agit d'une perturbation.

### 2-Diagnostic

#### ○ 2-La localisation :

Il s'agit de dire quel composant physique du système est en défaut. Il faut isoler le sous-système qui présente un mauvais fonctionnement et chercher quel composant présente le défaut et sa nature.

#### ○ 3-L'identification :

Consiste à identifier la nature du défaut et les causes à l'origine du problème, ceci en établissant un lien causal entre les symptômes et les éléments fautifs.

## 1.7 Techniques de surveillance

Les techniques de surveillance existantes sont classées en deux familles :

### 1.7.1 Techniques de surveillance dites sans modèle

Ces techniques se basent sur l'analyse des données issues des capteurs (analyse des signaux externes). Ces méthodes s'appliquent lorsque la modélisation des mécanismes reliant les causes des défaillances et des dégradations n'est pas possible. Parmi ces méthodes, la reconnaissance des formes. Elle consiste à déterminer le degré de similarité entre des formes (ensemble de symptômes) observées sur le système et des formes obtenues par apprentissage.

### 1.7.2 Techniques de surveillance à base de modèle

Le fonctionnement normal du système est décrit par un modèle comportemental constitué de relations de contraintes entre des variables choisies du système. Cette méthode consiste à comparer les grandeurs, paramètres ou variables estimés à l'aide de ce modèle avec les mesures directement observées sur le processus réel et provenant des capteurs. Un écart entre ces grandeurs fournira l'indication de la présence d'une défaillance ou une erreur de modélisation ou une perturbation non prise en compte dans le modèle.



