

PARTIE 2

DIFFERENTS TYPES DE DEFAUTS

Un défaut est défini comme étant un écart non permis entre la valeur réelle d'une caractéristique du système et sa valeur nominale. Comme le montre la figure (2.1), trois types de défauts sont distingués: défaut actionneur, défaut capteur et défaut procédé (ou défaut composant).

Chacun de ces défauts ainsi que leurs influences sur le processus sont décrits brièvement dans le paragraphe ci-dessous.

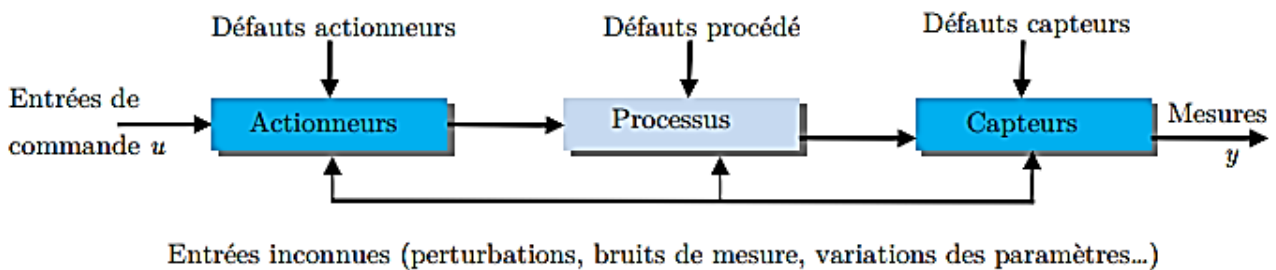
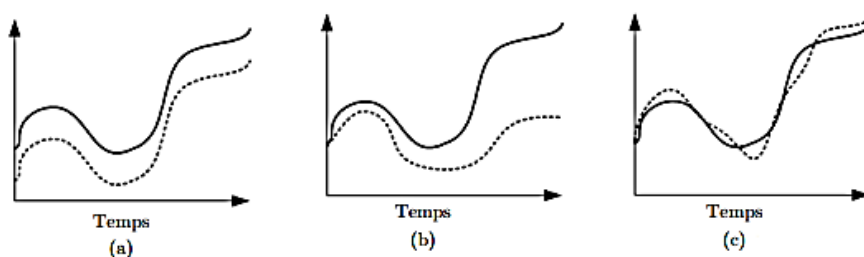


Figure Différents types de défauts d'un système physique.

a. Défauts capteurs

Les capteurs sont des instruments qui transforment une grandeur physique en une grandeur traitable par les calculateurs. Les capteurs sont essentiellement les interfaces de sortie d'un système avec l'environnement extérieur. Ils permettent de communiquer les informations concernant l'état et le comportement interne du processus. Ainsi, un défaut capteur caractérise une mauvaise image de la grandeur physique à mesurer. Pour les systèmes en boucle fermée, les mesures issues de ces capteurs sont utilisées pour la génération du signal de commande. Par conséquent, la présence d'un défaut capteur donne un signal de commande inexacte et inefficace.

Les défauts capteurs les plus répandus sont: a) le biais, b) la dérive, c) la perte d'efficacité, d) le blocage et e) le défaut de calibrage. La figure représente l'effet de ces défauts sur les mesures.



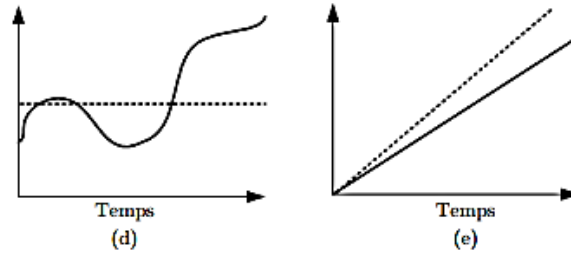


Figure L'effet de différents types de défauts capteur sur les mesures. Les lignes en pointillées désignent les valeurs mesurées de capteur, cependant les lignes en trait continu représentent les valeurs réelles.

Les équations mathématiques de ces défauts sont comme suit

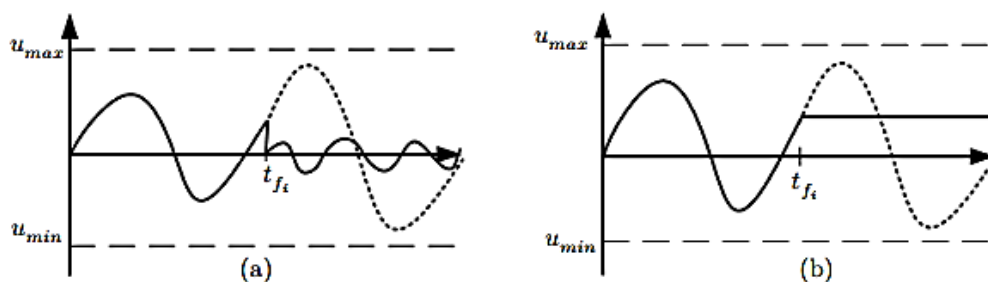
$$y_i(t) = \begin{cases} x_i(t) & \forall t \geq t_0 & \text{sans défaut} \\ x_i(t) + b_i & b_i(t) = 0, b_i(t_{f_i}) \neq 0 & \text{biais} \\ x_i(t) + b_i(t) & |b_i(t)| = c_i(t), 0 < c_i \ll 1 & \forall t \geq t_{f_i} & \text{dérive} \\ x_i(t) + b_i(t) & |b_i(t)| \leq \bar{b}_i, \dot{b}_i(t) \in L^\infty & \forall t \geq t_{f_i} & \text{perte d'efficacité} \\ x_i(t_{f_i}) & & \forall t \geq t_{f_i} & \text{blocage} \\ k_i(t)x_i & 0 < \bar{k} \leq k_i(t) \leq 1 & \forall t \geq t_{f_i} & \text{défaut de calibrage} \end{cases}$$

Avec t_{f_i} c'est le temps d'occurrence d'un défaut pour l' $i^{\text{ème}}$ capteur et b_i désigne sa précision où $b_i \in [-\bar{b}_i, \bar{b}_i]$ avec $\bar{b}_i > 0$. En plus, $k_i \in [\bar{k}_i, 1]$ avec $\bar{k}_i > 0$ représente l'efficacité minimale du capteur.

b. Défauts actionneurs

L'actionneur est un élément de la partie opérative d'un système qui transforme les signaux de commande issus du contrôleur (micro-processeur, ou microcontrôleur) en mouvement (moteur), en chaleur (résistance électrique), ou en champ magnétique (électroaimant)...

Ainsi, les défauts actionneurs agissent au niveau de la partie opérative et détruisent le signal d'entrée du système. Les conséquences de défauts actionneurs peuvent varier d'une consommation élevée de l'énergie jusqu'à la perte totale de contrôle. Les défauts actionneurs varient d'un actionneur à un autre, mais une classification non exhaustive des défauts les plus fréquents est donnée figure .



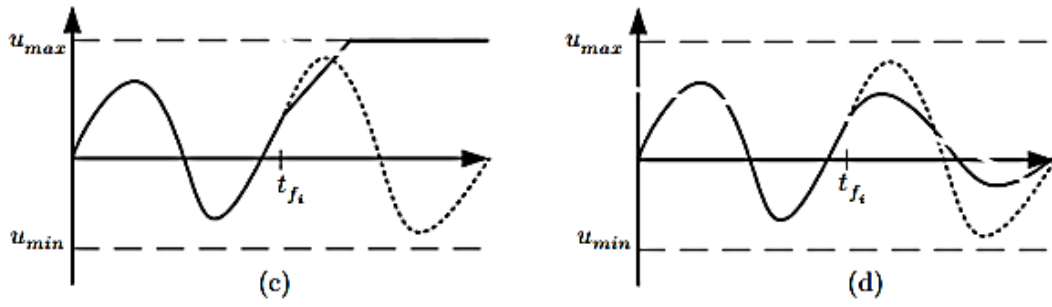


Figure 1 Représentation graphique des défauts actionneur les plus répandues
 Les lignes en pointillées désignent les valeurs désirées de l'actionneur, cependant les lignes en trait continus représentent les valeurs actuelles. (a) oscillation, (b) blocage, (c) saturation et (d) perte d'efficacité.

Les différents types de défauts actionneurs peuvent être représentés par les expressions suivantes:

$$u_a^i(t) = \begin{cases} u_c^i(t) & \text{sans défaut} \\ k_i(t)u_c^i(t) & 0 < \varepsilon_i \leq k_i(t) < 1, \forall t \geq t_{f_i} & \text{perte d'efficacité} \\ 0 & \forall t \geq t_{f_i} & \text{oscillation} \\ u_c^i(t_{f_i}) & \forall t \geq t_{f_i} & \text{blocage} \\ u_{i \min} \vee u_{i \max} & \forall t \geq t_{f_i} & \text{saturation} \end{cases}$$

Avec

$u_a^i(t)$ est le signal de sortie de l'actionneur ; $u_c^i(t)$ est le signal de commande appliqué à l' $i^{\text{ème}}$ actionneur ; t_{f_i} désigne le temps d'occurrence d'un défaut à l' $i^{\text{ème}}$ actionneur ; k_i est l'efficacité de l'actionneur, $\varepsilon_i > 0$ est l'efficacité minimale; $u_{i \max}$ et $u_{i \min}$ sont respectivement les limites supérieures et inférieures du signal de sortie de l' $i^{\text{ème}}$ actionneur.

c. Défauts composants

Les défauts composants sont des défauts qui affectent les composants du système lui même. Ce sont les défauts qui ne peuvent pas être classifiés ni parmi les défauts actionneurs ni parmi les défauts capteurs. Ce type de défaut provoque un changement de la dynamique du système suite à un changement de ces paramètres. La représentation mathématique des défauts composants est souvent difficile à déterminer et demande des essais expérimentaux extensifs. En général, ils se traduisent par un changement dans l'équation d'états. Ce changement peut être soit paramétrique soit structurel/fonctionnel. Ces défauts induisent une instabilité de système.

Les défauts peuvent être classés selon leurs évolutions temporelles

- *Abrupt*: ce type de défaut se caractérise par un comportement temporel discontinu. Cette évolution, si elle ne correspond pas aux évolutions dynamiques normales attendues pour la variable (changement de consigne), est caractéristique d'une panne brutale de l'élément en question: arrêt total ou partiel de connexion. Une représentation mathématique de ce défaut est donné par:

$$f(t - t_{f_i}) = \begin{cases} \delta & t > t_{f_i} \\ 0 & t < t_{f_i} \end{cases}$$

Où $f(t - t_{f_i})$ est le comportement temporel du défaut et δ est un seuil constant.

- *Intermittent*: c'est un défaut caractéristique de faux contact ou de panne intermittente des capteurs. Ce type de défaut est un cas particulier de défaut abrupt avec la propriété particulière qu'il revient de façon aléatoire à sa valeur normale.
- *Graduel*: c'est un défaut caractéristique d'une usure d'une pièce ou d'un encrassement. Il est très difficile à être détecté à cause de son évolution temporelle qui peut être confondue à une modification paramétrique lente représentant la non stationnarité du procédé. Son évolution au cours du temps peut être exprimée par cette relation :

$$f(t - t_{f_i}) = \begin{cases} \delta \left(1 - e^{-\alpha(t-t_{f_i})} \right) & t \geq t_{f_i} \\ 0 & t < t_{f_i} \end{cases}$$

Où α et δ sont deux constants positives.

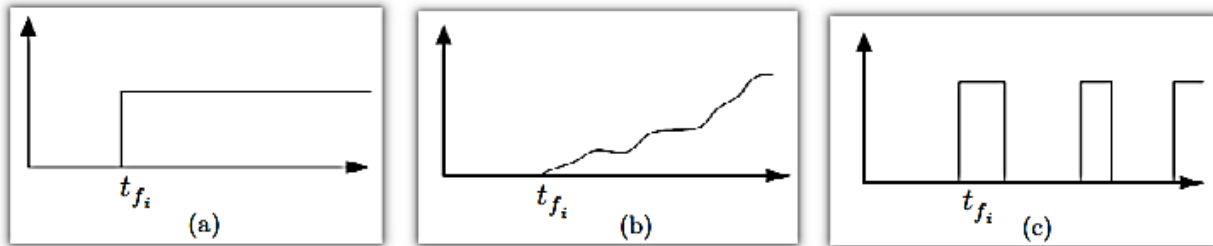


Figure Evolution temporelle d'un défaut: a) abrupt, b) graduel et c) intermittent.

Les défauts aussi peuvent être classés en défauts additifs et défauts multiplicatifs, selon leurs effets sur les performances du système (figure (2.5)). Les défauts additifs sont des signaux parasites qui viennent se superposer en un point du schéma fonctionnel. Les défauts capteurs et actionneurs sont généralement modélisés comme étant des défauts additifs, cependant, les défauts composants sont modélisés par des défauts multiplicatifs. Ces derniers induisent des changements sur la corrélation du signal de sortie du système, ainsi que des changements dans les caractéristiques spectrales et de la dynamique de système.



Figure Classification des défauts : multiplicatifs et additifs.

EXEMPLE

Considérons un système de contrôle de température pour un four. Le capteur de température est censé envoyer des signaux au microcontrôleur pour réguler la température du four. Voici comment ces trois types de défauts pourraient se manifester dans ce contexte. **Le défaut abrupt** : Supposons que le capteur de température soit soudainement défectueux et arrête de fonctionner. Dans ce cas, le four arrêterait immédiatement de chauffer, même si la température extérieure est élevée. Le défaut est "abrupt" car le capteur passe instantanément d'un état de fonctionnement correct à un état de défaillance totale. **Le défaut intermittent** : Imaginez maintenant que le capteur de température fonctionne correctement la plupart du temps, mais qu'il envoie occasionnellement des signaux erronés. Cela pourrait entraîner des variations imprévues de la température du four, sans que le système ne soit complètement défaillant. Le défaut est "intermittent" car il n'est pas toujours présent. **Le défaut graduel** : Enfin, supposons que le capteur de température commence à fonctionner de moins en moins bien au fil du temps. Au lieu de produire des signaux erronés de façon intermittente, sa précision diminue progressivement jusqu'à ce qu'il ne puisse plus fournir des informations précises sur la température. Le défaut est "graduel" car il évolue progressivement au fil du temps, plutôt qu'apparaître soudainement ou de manière intermittente.

