

Chapitre 1

Formulation du problème de diagnostic

Sommaire

<i>I.1. INTRODUCTION.....</i>	<i>4</i>
<i>I.2. TERMINOLOGIE PROPRE AU DIAGNOSTIC.....</i>	<i>4</i>
<i>I.3. POSITION DU PROBLEME.....</i>	<i>8</i>
<i>I.4. FONCTIONS DU DIAGNOSTIC.....</i>	<i>10</i>
<i>I.5. QUALITE D'UN SYSTEME DE DIAGNOSTIC.....</i>	<i>10</i>

1.1. INTRODUCTION

Automatisation signifie mise en œuvre systématique et fidèle des actions permettant la réalisation d'un produit avec une variance contrôlée des grandeurs caractéristiques du produit ; une bonne automatisation doit donc permettre la mise en œuvre d'une solution quasi optimale sur un processus de fabrication. Cependant, la pratique s'écarte assez notablement de ce schéma théorique, car celui-ci suppose implicitement que les fonctions élémentaires (du procédé, des capteurs, des actionneurs, des régulateurs) sont correctement réalisées. C'est pourquoi il convient d'implanter un niveau de surveillance dont le rôle est de connaître à chaque instant l'état du procédé, fournir des données validées au système de conduite, et ainsi améliorer la disponibilité et la maintenabilité du procédé.

Ces considérations expliquent l'essor de la supervision d'installation et le succès accordé à toutes les techniques de diagnostic de procédé ces dernières années.

A l'origine, le diagnostic se limitait aux applications industrielles à haut niveau de risque pour la communauté comme le nucléaire ou l'aéronautique [Potter et al, 1977] [Daly et al, 1979] [Desai et al, 1979], ainsi qu'aux secteurs d'activité de pointe tels que l'industrie de l'armement ou l'aérospatial [Desai et al, 1976], [Deckert et al, 1977]. Les premiers travaux concernant le thème diagnostic datent du début des années 1970, résumés notamment dans l'article de synthèse [Willsky, 1976]. En raison de l'intérêt croissant suscité dans le monde industriel, le diagnostic est devenu peu à peu un thème de recherche à part entière.

1.2. TERMINOLOGIE PROPRE AU DIAGNOSTIC

Il semble intéressant, dans un premier temps, de rappeler les principaux termes utilisés en diagnostic des systèmes. Reposant principalement sur le travail effectué par [Milne, 1987], [Isermann et Balle 1997, 2000] et [Ploix, 1998], ainsi que sur l'étude d'ouvrages synthétiques tels que [Brunet et al, 1990] [Zwingelstein, 1995]. Ce travail nous paraît nécessaire car il est courant de trouver dans la littérature internationale des définitions différentes d'une même notion, notamment lorsque ces notions sont employées par deux communautés. Par exemple la terminologie suggérée par [Isermann et Balle, 1997] n'est pas toujours compatible avec les définitions mathématiques de Reiter.

a) Système physique (P.hysical System)

Un système physique est un ensemble d'éléments (composants, constituants) interconnectés ou en interaction organisés pour réaliser une fonction.

b) Composant (Component)

Un composant est une partie du système choisie selon des critères liés à la modélisation. En tout premier lieu, le comportement de référence de ce composant est bien adapté dans le sens où il peut être défaillant ou servir de support à la propagation de pannes dans le système. Un composant doit être simple à modéliser dans le sens où cela doit être naturel : il peut s'agir d'un composant (physique ou logique) complet des composants. Le comportement du composant élémentaire n'est pas décomposable ou alors cette décomposition n'est pas souhaitée, il constitue une « brique » du comportement du système.

c) Modèle (Model)

Un modèle d'un système physique est une description de sa structure et une représentation comportementale ou fonctionnelle de chacun de ses composants [Milne, 1987].

Une représentation comportementale est constituée de relations entre diverses variables du système, appelées classiquement relations de causes à effets. Une représentation fonctionnelle est plus abstraite puisqu'elle ne s'adresse qu'aux objectifs présumés que le système physique doit remplir. Le niveau structurel, quant à lui, s'appuie sur la structure réelle du système physique et décrit les interconnexions entre ses différents éléments ou constituants. Les niveaux comportemental et fonctionnel comprennent des relations entre des grandeurs physiques (variables) et permettent de mettre en évidence la présence d'un événement anormal ou anomalie. Le niveau structurel, quant à lui, permet de déterminer l'élément affecté par le défaut.

L'intérêt de cette décomposition est de rappeler que, puisqu'un modèle contient toute l'information relative à un système physique, il est utilisable ensuite par la procédure de diagnostic.

d) Défaut (Fault)

- Tout écart entre la caractéristique observée sur le dispositif et la caractéristique de référence, lorsque celui-ci est en dehors des spécifications [AFNOR, 1994].
- N'importe quel état indésirable d'un composant ou d'un système. Un défaut n'implique pas nécessairement une défaillance [IEEE, 1988].
- Déviation non permise d'au moins une propriété ou un paramètre caractéristique du système des conditions acceptables ou (et) standards [Isermann et Ballé, 1997].
- Un défaut est une anomalie de comportement au sein d'un système physique localisée au niveau d'un composant [Ploix, 1998].

La définition de l'AFNOR rattache la notion de défaut à celle de déviance d'une caractéristique d'un phénomène, subordonnant ainsi cette notion à l'existence d'une référence absolue. Cependant, dans le cas général, il y a plusieurs modèles de référence, s'exprimant en termes de relations entre des phénomènes, pouvant représenter un même phénomène. La notion de défaut ne serait donc plus à rattacher à celle de phénomène, mais à celle de modèle ce qui n'est pas conforme aux autres définitions. Celles données par le

dictionnaire IEEE et par Isermann et al rapprochent bien défaut de comportement ; cependant, les qualificatifs indésirables ou non permis appartiennent au jugement ; en conséquence, nous avons préféré utiliser anomalie qui procède d'une détermination arbitraire. La notion de défaut est donc voisine de celle de défaillance mais comme le souligne le dictionnaire IEEE, un défaut n'implique pas nécessairement une défaillance. Défaut, lié au comportement, est plus général que défaillance, liée aux fonctions puisqu'elles sont une abstraction du comportement tel qu'il est conçu téléologiquement. La description comportementale est plus détaillée que la description fonctionnelle et l'inclut donc. De la même manière, la notion de défaut inclut celle de défaillance ; un défaut n'altère pas nécessairement le fonctionnement d'un système physique mais peut présager d'une défaillance à venir.

e) Défaillance (Failure)

Une défaillance définit une anomalie fonctionnelle au sein d'un système physique [Ploix,1998], c'est-à-dire caractérise son incapacité à accomplir certaines fonctions qui lui sont assignées.

Les défauts incluent les défaillances mais la réciproque n'est pas vraie. Un système peut remplir sa fonction tout en présentant une anomalie de comportement. Par exemple, une machine électrotechnique peut produire un bruit anormal tout en entraînant correctement une charge, en supposant que telle soit sa fonction. Le bruit anormal est un défaut qui peut permettre de présager d'une défaillance à venir. La recherche de défauts est donc fondamentale en diagnostic.

f) Panne (Break-down)

La panne est l'inaptitude d'un dispositif à accomplir la fonction vitale dès l'apparition d'une défaillance, caractérisée par la cessation du dispositif à accomplir sa fonction, on déclarera le dispositif en panne. Par conséquent, une panne résulte toujours d'une défaillance. [Zwingelstein, 1995].

g) Symptôme (Symptom)

Caractère distinctif d'un état fonctionnel anormal [Ploix, 1998].

h) Résidu (Residual)

Souvent, lorsque le modèle comportemental de référence est analytique, les signaux porteurs de signes ou de symptômes sont appelés résidus parce qu'ils résultent d'une comparaison entre un comportement réel et un comportement de référence.

i) Diagnostic (Diagnosis)

Un diagnostic est un état expliqué d'un système physique compatible avec les informations disponibles sur le comportement réel du système et avec le modèle de comportement de référence disponible. Habituellement, le diagnostic est exprimé par les états des composants [Reiter, 1987] ou les états des relations de description du comportement [Cassar et al, 1994].

j) Perturbation :

Entrée du système physique qui n'est pas une commande. Autrement dit, c'est une entrée non contrôlée.

La figure 1.1 représente les anomalies suivant leur criticité. Il existe également une criticité croissante entre défaillance et panne. De la non conformité (ou anomalie) dans le cas d'une défaillance, on passe à une inaptitude à accomplir une fonction dans le cas d'une panne.

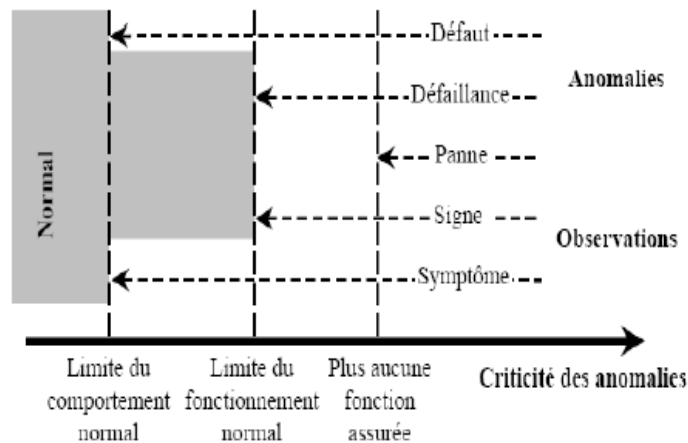


Figure 1.1-Anomalies et Observations classées par criticité croissante d'après [Adrot, 2001]

Ces notions sont illustrées à partir de l'exemple d'un moteur devant assurer une fonction de ventilation (tableau 1.1).

Définition illustrée	Événement (exemple)	Ecart au comportement nominal (courant, vitesse)	Aptitude à remplir la fonction de ventilation
Perturbation	Variation de température extérieure (normal)	Petit	Totale
Défaut	Fort échauffement (anormal)	Moyen	Totale
Défaillance	Déclenchement intermittent d'un relais thermique stoppant le ventilateur jusqu'à ce que la température du moteur redescende à un niveau acceptable.	Grand	Partielle
Panne	Suite aux forts échauffements répétitifs, les isolants sont progressivement endommagés: un court-circuit apparaît; le moteur ne peut plus tourner jusqu'à ce qu'une réparation soit effectuée.	Grand	Nulle

Tableau 1.1-Illustration des définitions à l'aide d'un moteur de ventilateur

Effet des perturbations :

Contrairement à ce que pourrait laisser penser le tableau 1.1, les écarts de comportement relatifs à des perturbations ne sont pas nécessairement plus faibles que ceux associés aux défauts. Par exemple, une perturbation telle qu'une variation du couple de charge sur un moteur peut entraîner des écarts très importants par rapport à un comportement de référence, sans que cette situation soit critique. Des écarts de comportement beaucoup plus faibles, résultant par exemple de courts-circuits entre quelques spires d'une même phase, correspondent par contre à une situation plus critique pour laquelle un diagnostic pourra être envisagé.

1.3. POSITION DU PROBLEME

Le diagnostic s'intègre dans le cadre plus général de la surveillance et de la supervision. Le diagnostic à base de modèles trouve sa place dans les démarches "qualité" des entreprises et s'inscrit dans la sûreté de fonctionnement. La fonction d'une opération de diagnostic est de déterminer les composants ou organes défaillants d'un système physique. Elle peut intervenir à plusieurs stades :

- Les contrôles "qualité". Il s'agit de tester des produits afin de garantir que leurs caractéristiques sont conformes à des spécifications.
- La supervision. Il s'agit de doter les systèmes physiques d'une intelligence en les équipant de dispositifs étudiant en temps réel leur comportement pour produire automatiquement un diagnostic qui sera fourni et exploité par l'opérateur.
- La maintenance prédictive. Il s'agit de déceler des dérives de comportements d'un système physique avant qu'une fonction ne soit altérée afin de remplacer les organes dégradés avant qu'ils ne tombent en panne.
- L'aide au diagnostic. Il s'agit d'aider un opérateur à remonter aux organes défectueux.

La surveillance de la majeure partie des procédés industriels se limite à des systèmes de traitement d'alarmes. Des valeurs limites sont définies sur des variables clés par des experts du procédé selon des critères de sécurité concernant les hommes, l'installation et son environnement.

Les mesures au-delà de ces valeurs limites déclenchent des alarmes. Un système de traitement d'alarmes est donc l'outil de base pour aider l'opérateur dans sa tâche de surveillance. Il reste cependant aux opérateurs à analyser la situation et à prendre une décision adaptée : actions correctives, conduite en mode dégradé, activation d'une procédure d'arrêt d'urgence. L'efficacité de l'opérateur est primordiale que ce soit du point de vue économie ou sécurité.

De nombreux facteurs influencent sa performance à répondre à une alarme : le nombre et la fréquence des alarmes, la présentation et la complexité de l'information, son expérience et son entraînement, sa vigilance et sa réaction au stress.