

1.1 INTRODUCTION

Quand un défaut apparaît dans un processus, il doit être détecté le plus tôt possible. Dans ce cas le système de détection du défaut doit indiquer l'existence d'une anomalie dans les équipements de réalisation du processus. Après la détection, le diagnostic du défaut est exécuté, le défaut est éliminé et sa cause est localisée. Dans ce chapitre nous présentons des notions, types, paramètres, démarche et différentes méthodes de diagnostic.

1.2. DIAGNOSTIC

1.2.1. Définition 1

En terme d'activité, le diagnostic est une tâche hautement cognitive centrale dans de nombreux domaines, l'objectif visé par le diagnostic consiste à déterminer les causes d'un dysfonctionnement à partir d'observation et de symptômes constatés c'est-à-dire la détection et la localisation d'un composant ou un élément défectueux dans un système dynamique. [2]

1.2.2. Définition 2

Processus de recherche des causes et des conséquences d'un aléa. La première phase, explicative, consiste à localiser la défaillance et à en rechercher les causes. Dans une deuxième phase, plus prospective, le diagnostic consiste à analyser les conséquences que la défaillance a sur le système global. [3]

1.2.3. Terminologies relative au diagnostic.

1°.État de Fonctionnement normal d'un système

Un système est dit dans un état de fonctionnement normal lorsque les variables le caractérisant (variables d'état, variables de sortie, variables d'entrée, paramètres du système) demeurent au voisinage de leurs valeurs nominales. Le système est dit défaillant dans le cas contraire.

2°.Défaut

Le concept de défaut est fondamental dans les opérations de surveillance pour la conduite et maintenance des procédés industriels. On appelle défaut tout écart entre la caractéristique observée sur le dispositif et la caractéristique théorique. Cet écart est idéalement nul en l'absence de défaut. Les défauts peuvent apparaître au niveau des capteurs, des actionneurs ou au niveau du processus lui-même. [2]

3°.Anomalie

Déviations par rapport à ce qui est attendu. Une anomalie justifie une investigation qui peut déboucher sur la constatation d'une non-conformité ou d'un défaut. [3]

4°.Défaillance

Altération ou cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise. Après défaillance d'une entité, celle-ci est en état de panne. La défaillance est un passage d'une entité d'un état de fonctionnement normal à un état de fonctionnement anormal ou de panne. [3]

5°.Panne

Une panne est l'inaptitude d'un dispositif a accomplir une fonction requise [2]. Une panne résulte toujours d'une défaillance et d'un défaut :



6°.La Supervision

La supervision comporte trois fonctions : la détection, la localisation, la décision. [3]

7°.La détection

La détection consiste à reconnaître qu'un dispositif est dans un mode de dysfonctionnement à partir de la connaissance de certaines caractéristiques. [2]

8°.La localisation

La localisation consiste à déterminer les causes physiques ou fonctionnelles d'une panne, c'est-à-dire à déterminer le ou les éléments à l'origine du défaut. [2]

9°.La décision

Elle consiste en premier lieu à décider quel est le mode de fonctionnement dans lequel on désire placer le dispositif (mode dégradé ou mode de fonctionnement normal). Ensuite, il s'agit de définir précisément quelles sont les actions à entreprendre pour atteindre ce mode. [2]

10°.Temps de défaillance non détectée

Période de temps entre l'instant auquel surviennent la défaillance et le moment où elle est détectée. Des défaillances latentes peuvent survenir au cours de cette période. [4]

11°.Essais

Tâche de mesure de l'aptitude du matériel à assurer ses fonctions, ou son niveau de performance, dans des conditions d'exploitation normales ou accidentelles. [5]

Tab 1.1: Les principales techniques de diagnostic et leurs utilisations [6]

	Principaux avantages	Principales limitations	Champ d'applications privilégié
Analyse vibratoire	<p>Détection de défauts a un stade précoce</p> <ul style="list-style-type: none"> – Possibilité de réaliser un diagnostic approfondi – Autorise une surveillance continue. – Permet de surveiller l'équipement à distance. (télémaintenance) 	<ul style="list-style-type: none"> – Spectres parfois difficiles à interpréter. – Dans le cas de la surveillance continue, installations relativement 	<p>–Détection des défauts de tous les organes cinématiques de la machine (balourd, défauts d'alignement, jeux, etc.) et de sa structure.</p>
Analyse d'huile	<p>Détection d'une pollution anormale du lubrifiant, avant que celle-ci n'entraîne une usure ou un échauffement.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Possibilité de connaître l'origine de l'anomalie par analyse des particules. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ne permet pas de localiser précisément le défaut – Nécessite de prendre de nombreuses précautions dans le prélèvement de l'échantillon. 	<ul style="list-style-type: none"> – Contrôle des propriétés physico-chimiques du lubrifiant, détection d'un manque de lubrification, analyse des éléments d'usure, analyse de contamination par le processus n(étanchéité), etc.
Thermographie	<ul style="list-style-type: none"> – Permet de réaliser un contrôle rapide de l'installation. – Interprétation souvent immédiate des résultats 	<ul style="list-style-type: none"> – Détection de défauts à un stade moins précoce que l'analyse vibratoire – Contrôle limité à ce que " voit" la caméra (échauffements de surface). – Ne permet pas de réaliser un diagnostic. approfondi 	<ul style="list-style-type: none"> – Détection de tous les défauts engendrant un échauffement (manque de lubrification en particulier).
Analyse acoustique	<ul style="list-style-type: none"> – Permet de détecter l'apparition de défauts audibles – Autorise une surveillance continue. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sensibilité au bruit ambiant. – Diagnostic souvent difficile à réaliser – Problèmes de répétabilité des mesures. 	<p>Détection d'un bruit inhabituel pouvant ensuite être analysé par analyse vibratoire.</p>

1.3. DÉMARCHE DE DIAGNOSTIQUE [7]

Étape 1 : Mise en évidence de la défaillance

La défaillance peut être mise en évidence deux façons :

- de façon visuelle (appel d'un opérateur qui signale la panne en donnant des indications plus ou moins vagues).
- de façon automatique par détection d'une situation anormale (ex : écoulement d'un temps de recouvrement de mouvement avec émission d'une alarme par l'automatisme). La signalisation d'un problème va alors de l'allumage d'un simple voyant, jusqu'à la remontée à une supervision, en passant par un affichage local sur la machine.

Dans tous les cas, il faut se poser les questions suivantes :

1. de quelle manière se manifeste la défaillance ? (arrêt de la machine, mouvement non conforme, moteur ne tournant pas, vérin ne bougeant pas, ...).
2. A quel stade du cycle de fonctionnement le système est-il devenu défaillant ?
3. que peut-on observer à ce stade ? (voyants sur l'automate et sur la machine, messages, état de la machine, ...etc.).
4. a-t-on déjà une première idée permettant de cerner la zone en défaillance ? Les réflexions menées à cette étape vont orienter la recherche qui va suivre. On comprend quelle est l'importance de la connaissance de la machine pour que cette orientation soit la bonne. Le but du diagnostic est de cercler autour de la défaillance en réduisant le diamètre du cercle à chaque nouvelle étape de la méthode, et ce jusqu'à ce que la défaillance soit identifiée.

Étape 2 : Analyse des risques

Avant d'entreprendre le travail il faut définir les mesures de sécurité à prendre. Le but est de :

- se protéger soi-même
- protéger les autres (les curieux qui mettent les mains n'importe où protéger la machine s'il y a risque de casse)

Les dangers à prendre en compte ont différentes sources :

- Fluides sous pression
- Sources thermiques
- Énergie électrique
- Flux de production entrants et sortants de la machine
- Dangers mécaniques

On peut donc envisager les mesures suivantes :

- Utilisation de matériel de protection (gants, lunettes, tapis, outils isolés, ...)
- Balisage de la zone de travail pour en empêcher l'accès ;
- Apposition d'un panneau d'avertissement ;
- Établissement éventuel d'un bon de travail ;
- Consignation de l'appareil si nécessaire ;
- Vérification des instruments de mesure ;

Si des mesures doivent être faites (tension, intensité) il ne faut pas consigner tout de suite : ne consigner (si nécessaire) ou condamner la partie en défaut que pour les interventions de réparation.

En cas de consignation ou de condamnation, vérifier l'absence de tension. N'oubliez pas que vous devez posséder une habilitation pour les interventions de nature électriques.

Étape 3 : Recherche de la chaîne fonctionnelle

Il s'agit ici d'interpréter les observations en se basant sur sa connaissance de la machine et du déroulement du cycle afin d'identifier toutes les **chaînes fonctionnelles** ayant un rapport avec la défaillance. **C'est ici le point d'analyse le plus délicat.** La réflexion doit permettre d'identifier cette partie du cycle comme étant la zone de la défaillance :

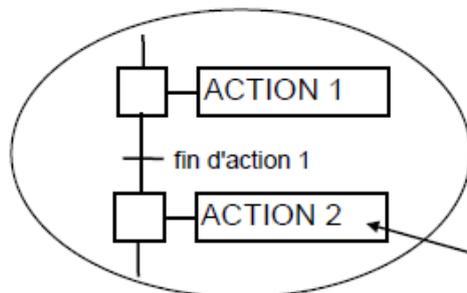


Fig1.1: l'action 2 ne se fait pas [7]

Ainsi on met en cause une ou plusieurs chaînes fonctionnelles:

- Chaînes de commande qui génèrent les actions.
- Chaînes d'acquisition qui reçoivent les informations combinées dans la réceptivité.

Étape 4 : liste des maillons de la chaîne

La chaîne fonctionnelle étant identifiée, il faut en lister les maillons, c'est à dire les éléments qui la composent et ce de façon exhaustive :

1. Chaîne d'acquisition (entrée)

- Carte d'entrée API
- Fils et embouts
- Bornes et connecteurs
- Contacts avec leurs connexions
- Capteurs avec leur réglage· ...etc.

2. Chaîne de commande (sortie)

- Carte de sortie API
- Fils et embouts
- Bornes et connecteurs
- Contacts de relais et de contacteurs avec leurs connexions
- Bobines de relais et de contacteurs avec leurs connexions
- Électro distributeurs (connecteur, bobine, électrovanne, distributeur)
- Tubes pneumatiques ou tuyaux hydrauliques
- Raccords
- Limiteurs de débit
- Vérins
- Moteurs
- Accouplements mécaniques

Étape 5 : liste des modes de défaillances

Il s'agit, pour chaque élément de la chaîne, de déterminer les modes de défaillances qui expliquent la panne constatée. Exemple: le moteur ne tourne pas : fil entre sortie automate et bobine de contacteur coupé.

N'oublions pas qu'un dérèglement mécanique est aussi une panne (cellule photoélectrique mal orientée, accouplement desserré, ...etc.)

Cette étape peut être présentée sous une forme conviviale :

- Tableau de cause à effet ;
- Diagramme d'Ishikawa ;
- AMDEC ;
- Autre.....

Exemple de diagramme d'Ishikawa :

La chaîne fonctionnelle incriminée est une chaîne d'acquisition. La conséquence de la panne est que le vérin V5 ne sort pas et bloque le cycle.

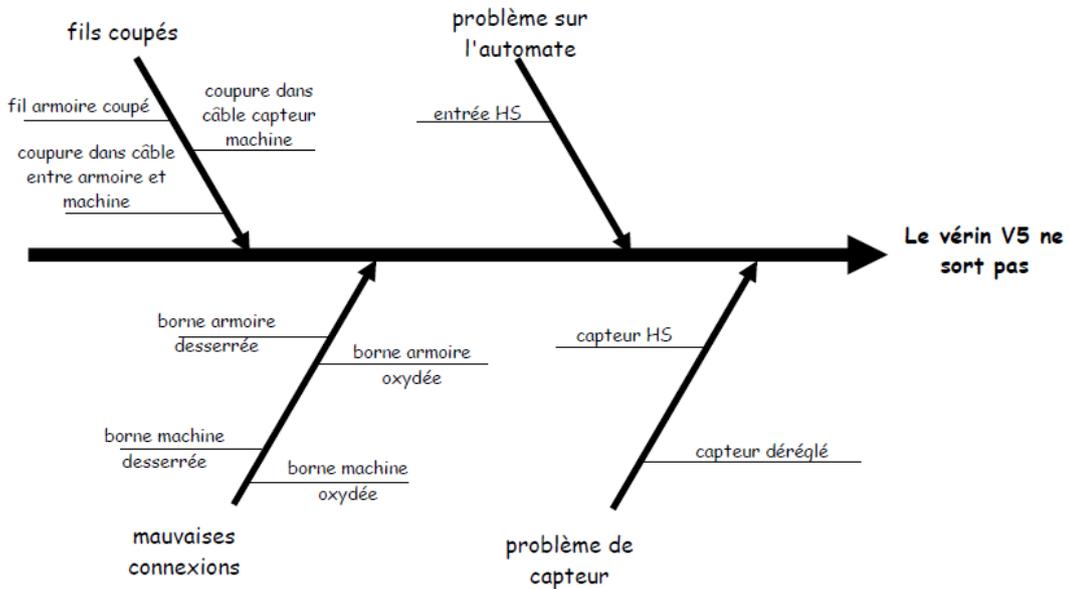


Fig1.2: Exemple de diagramme d'Ishikawa [7]

Tab1.2 : modes de défaillance génériques [16]

<i>1</i>	<i>Fonctionnement (ou démarrage) prématuré</i>
<i>2</i>	<i>Ne fonctionne (ne démarre) pas au moment prévu</i>
<i>3</i>	<i>Ne s'arrête pas au moment prévu</i>
<i>4</i>	<i>Défaillance au cours du fonctionnement</i>
<i>5</i>	<i>Défaillance structurelle (rupture)</i>
<i>6</i>	<i>Blocage physique ou coincement</i>
<i>7</i>	<i>Vibrations</i>
<i>8</i>	<i>Ne reste pas en position</i>
<i>9</i>	<i>Ne s'ouvre pas</i>
<i>10</i>	<i>Ne se ferme pas</i>
<i>11</i>	<i>Défaillance en position ouverte</i>
<i>12</i>	<i>Défaillance en position fermée</i>
<i>13</i>	<i>Fuite interne</i>
<i>14</i>	<i>Fuite externe</i>
<i>15</i>	<i>Valeur au-dessus d'une limite supérieure tolérée</i>
<i>16</i>	<i>Valeur au-dessous d'une limite inférieure tolérée</i>
<i>17</i>	<i>Fonctionnement intempestif</i>
<i>18</i>	<i>Fonctionnement intermittent</i>
<i>19</i>	<i>Fonctionnement irrégulier</i>
<i>20</i>	<i>Indication erronée</i>
<i>21</i>	<i>Ecoulement réduit</i>
<i>22</i>	<i>Mise en marche erronée</i>
<i>23</i>	<i>Ne s'arrête pas</i>
<i>24</i>	<i>Ne démarre pas</i>
<i>25</i>	<i>Ne commute pas</i>
<i>26</i>	<i>Fonctionnement après le délai prévu</i>
<i>27</i>	<i>Entrée erronée (Augmentation)</i>
<i>28</i>	<i>Entrée erronée (Diminution)</i>
<i>29</i>	<i>Sortie erronée (Augmentation)</i>
<i>30</i>	<i>Sortie erronée (Diminution)</i>
<i>31</i>	<i>Perte de l'entrée</i>
<i>32</i>	<i>Perte de la sortie</i>
<i>33</i>	<i>Court-circuit électrique</i>
<i>34</i>	<i>Circuit électrique ouvert</i>
<i>35</i>	<i>Fuite électrique</i>
<i>36</i>	<i>Autres conditions de défaillance exceptionnelle suivant :</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>les caractéristiques du système,</i> • <i>les conditions de fonctionnement,</i> • <i>les contraintes opérationnelles d'exploitation</i>

Étape 6 : Critères de test

Chaque élément de la chaîne étant identifié par ses modes de défaillance, il faut classer les tests selon des critères permettant de réduire le temps d'intervention. Ces critères sont:

- rapidité
- probabilité
- accessibilité

Sur les parties électriques, pneumatiques, hydrauliques et mécaniques.

Exemple : si l'ampoule ne s'allume pas il est raisonnable de penser qu'elle est grillée (probabilité et rapidité) plutôt que de défoncer le mur à la recherche d'une coupure du câble.

- Les tests du type "visuel" sont à privilégier dans un premier temps : on vérifie sans instrument de mesure. (exemple : vérification de l'état des connexions).
- Les tests nécessitant un démontage se feront en dernier lieu.

Pour les tests avec mesures d'une grandeur électrique, il est préférable de privilégier les mesures de tension à celles de continuité. En effet, la mesure de continuité nécessite l'isolement des circuits à tester. Les mesures d'intensité ne se feront que si c'est absolument nécessaire, car elles imposent la mise en série de l'appareil dans le circuit de mesure, et de plus il faut respecter les limites d'ampérage pour l'appareil.

Étape 7 : Procédures de test

Pour chaque mode de défaillance identifié à l'étape 5, il faut maintenant imaginer un test. Tous ces tests doivent être présentés (du premier au dernier) selon l'ordre défini à l'étape 6. On peut présenter ces tests sous forme de tableau. Dans ce tableau on précise :

- L'élément à tester
- Le principe du test (visuel, avec instrument)
- L'instrument utilisé s'il y a lieu
- Les point précis du test (ex : où placer les sondes du voltmètre)
- Les résultats normalement attendus de ce test
- Une observation éventuelle

Étape 8 : Réparation

Les tests étant tous définis, il s'agit de les réaliser jusqu'à ce que la panne soit trouvée. Il ne reste plus alors qu'à remplacer l'élément défectueux et à essayer à nouveau la machine. Si la réparation est temporairement impossible (manque de pièce en stock), il est nécessaire de déterminer les possibilités en marche dégradée si on ne veut pas que la production reste bloquée.

Étape 9 : Compte-rendu

L'intervention de maintenance corrective doit laisser une trace dans l'organisation du système de maintenance de l'entreprise. Cette trace se fait sous forme de compte-rendu écrit ou informatisé et vient alimenter un historique qui pourra servir d'outil d'analyse. Les documents et supports de saisie propres à l'entreprise sont utilisés dans ce cas, mais un minimum d'informations est requis :

- référence de la machine
- nature de l'intervention
- date (et heure) de l'intervention
- identification de l'auteur
- durée de l'intervention
- pièces changées s'il y a lieu
- coût éventuel des pièces.

1.4. DIFFÉRENTS PARAMÈTRES TECHNIQUES DU DIAGNOSTIC

Les paramètres techniques du diagnostic industriel nécessaires à la conception, au développement et à l'exploitation de systèmes d'aide au diagnostic, sont présentés sur la fig1.3

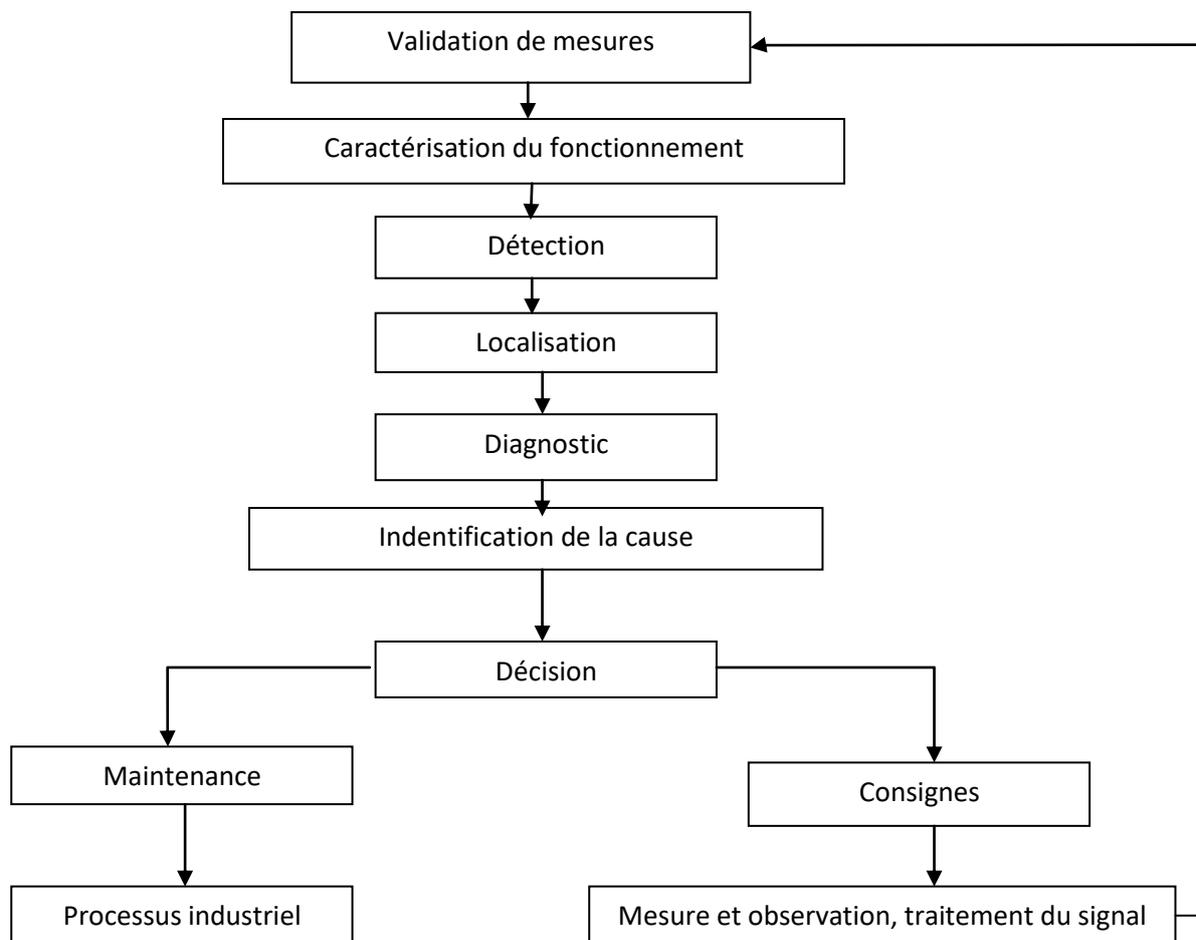


Fig. 1.3 : L'action de diagnostic.

L'extraction des informations nécessaires à la mise en forme des caractéristiques associées aux fonctionnements normaux et anormaux, à partir des moyens de mesures appropriées ou d'observations réalisées lors des rondes par les personnels de surveillance. Deux façons pour estimer la grandeur physique :

- **Mesure directe** : utilisation de capteurs,
- **Mesure indirecte** : Estimateur d'état.

L'élaboration des caractéristiques et signatures associées à des symptômes révélateurs de défaillances et de dégradations en vue de la détection d'un dysfonctionnement. La validation des mesures est une étape très importante pour diagnostiquée l'état d'une machine. C'est l'opération qui consiste à engendrer une information représentant une grandeur physique, qui sera considérée crédible et fiable par les utilisateurs : les opérateurs et les systèmes de diagnostic.

1.4.1. Méthodes pour la détection et la validation de mesures invalides [8]

Méthodes classiques :

- La redondance directe,
- La comparaison avec un seuil statique,
- Le vote majoritaire,
- Le test de certaines caractéristiques,
- La comparaison avec des seuils dynamiques,
- Le test de certaines caractéristiques,
- L'étalonnage systématique des capteurs.

La détection d'un dysfonctionnement par comparaison avec des signatures associées à des états de fonctionnements normaux et la définition d'indicateurs de confiance dans la détection. Le bruit associé aux signatures est pris en compte par l'utilisation des tests de décision statistique.

1.4.2. Principales signatures [8]

Dans les industries, souvent les paramètres à surveiller sont les effets induits par le fonctionnement même de la machine : effets dont l'amplification traduit sinon une défaillance, au moins une dégradation de la machine. Les types de signatures les plus utilisées sont:

a. Signature vibratoire

Les signatures vibratoires sont adaptées à la détection d'anomalies affectant des ensembles mécaniques dont les éléments structuraux sont soumis à des efforts dynamiques se traduisant par des vibrations mécaniques. L'analyse vibratoire détecte des mouvements répétitifs d'une surface appartenant à un matériel mécanique dynamique (machines tournantes, machines alternatives...) ou à un matériel statique (structure, tuyauterie,...etc.).

Pour la majorité des défauts rencontrés sur les machines tournantes les vibrations sont de nature périodiques. Pour les défauts qui se traduisent par des chocs sur les structures, les vibrations sont caractérisées par des signaux transitoires de faibles durées, répétitives ou aléatoires. Il existe également des signaux aléatoires au cours du temps (exemple : cavitation dans les machines hydrauliques).

L'interprétation des signaux vibratoires fait appel le plus souvent à l'analyse fréquentielle, en traitement des signaux, cela revient à considérer les signaux comme une somme de fonctions sinusoïdales dont les valeurs des fréquences sont des multiples entiers d'une fréquence dite fréquence fondamentale. En l'absence de défauts les différentes fréquences contenues dans le signal sont directement reliées à la géométrie et à la vitesse de rotation de l'élément en cause. La présence d'un ou plusieurs défauts se traduit par l'apparition de nouvelles fréquences que l'on peut, souvent interpréter si la mesure de la vibration est faite au voisinage direct du défaut. Par contre, si le point de mesure est éloigné de la source du défaut, de nombreuses sources vibratoires (parasites) peuvent rendre l'interprétation extrêmement compliquée.

Suivant la nature des problèmes recherchés, les points de mesures accessibles et les technologies utilisées la mesure de la vibration peut s'exprimer par une mesure de déplacement, une mesure de déplacement, une mesure de vitesse ou une mesure d'accélération. La grande variété des problèmes vibratoires rencontrés sur les matériels mécaniques a conduit à développer des signatures spécifiques à l'aide de techniques très variées de traitement des signaux. Le plus souvent les signatures sont mises sous forme de courbes après une analyse spécifique répondant au problème recherché. Les types de traitement les plus utilisés sont : l'analyse spectrale, l'analyse synchrone, le calcul de la fonction de corrélation, le calcul de la fonction de transfert etc.

b. Signature acoustique

Les signatures acoustiques ont pour origine les bruits induits par certains phénomènes tels que la fuite de fluides à travers des petites ouvertures (problème d'étanchéité), la cavitation dans les machines hydrauliques, la vaporisation due à la surchauffe dans les machines à vapeur. La surveillance par signature acoustique permet d'isoler les composants fréquentiels dus à ces types de phénomènes.

c. Signature par émission acoustique

Elle a pour base l'écoute des bruits (en général, ultrasonores) émis par les matériaux lorsqu'ils sont mis sous contrainte.

d. Signature ultrasonore

Il s'agit d'envoyer dans les matériaux, grâce auxquels on réalise les équipements industriels, un train d'ondes ultrasonores et d'en analyser les échos. La présence d'un défaut peut être détectée grâce à l'apparition d'un écho entre le signal de base et celui réfléchi par le fond du matériau. Pour un matériau ne présentant pas de défaut, il n'apparaît que les ondes incidentes et celles réfléchies par les bords du matériau. L'apparition d'un défaut peut donc être détectée directement par simple superposition des trains d'ondes initiaux et en service.

e. Signature par analyse des lubrifiants

C'est la représentation de certaines propriétés physico-chimiques des lubrifiants ; en vue de la suivie de leur évolution au cours du service. En effet, l'état physico-chimique d'un lubrifiant peut être très modifié en présence de particules dues à l'usure des matériaux.

Outre les signatures précitées, il existe d'autres types tels que les signatures thermiques, les signatures par radiographie etc.

1.5. MÉTHODES DU DIAGNOSTIC

Sur la figure ci-dessous sont présentées les différentes méthodes de diagnostic :

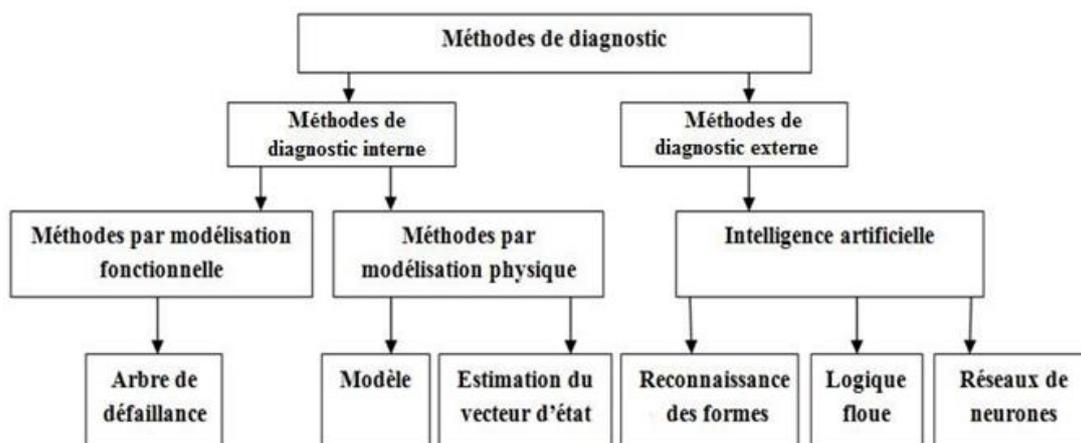


Fig 1.4: Schéma synoptique de classement des méthodes de diagnostic. [8]

1.5.1. Méthodes de diagnostic interne [8]

Ces types de méthodes sont basés sur les techniques de modélisation à savoir :

- Les méthodes du diagnostic par modélisation fonctionnelle ;
- Les méthodes de diagnostic de défaillance par modélisation physique.

1.5.1.1. Les méthodes de diagnostic de défaillances par modélisation fonctionnelle

Un système est un ensemble déterminé d'éléments interconnectés ; ces éléments sont regroupés fonctionnellement en vue de remplir une ou plusieurs fonctions. Une défaillance fonctionnelle est caractérisée par la perte d'une des fonctions d'un élément donné. Le principe des méthodes de modélisation des défaillances fonctionnelles est d'établir à priori les liens entre les causes initiales des défaillances et de leurs effets mesurables par les systèmes de traitement de l'information.

a. La méthode de l'arbre de défaillance

C'est une méthode inductive, avec laquelle on introduit toutes les combinaisons d'événements possibles qui entraînent la réalisation d'un événement unique indésirable. Les conditions et les événements sont organisés sous forme d'un arbre utilisant des symboles logiques « et » et « ou ». Les défaillances des matériels, à erreurs humaines ou à tout autre élément significatif. L'arbre de défaillances est constitué de niveaux successifs d'événements tels que chaque événement à un niveau donné est généré à partir de combinaisons logiques d'événements de niveau inférieur. Cette procédure est répétée jusqu'à atteindre les événements appelés événements de base.

1.5.1.2. Méthodes de diagnostic par modélisation physique

Cette famille de méthodes repose principalement sur les modèles mathématiques qui représentent d'une manière satisfaisante le processus réel et qui devront aussi être validés expérimentalement avant toute utilisation industrielle. Ces méthodes sont regroupées en deux grandes familles : les méthodes du modèle, les méthodes d'identification des paramètres et les méthodes d'estimation du vecteur d'état.

a. La méthode du modèle

La méthode du diagnostic basée sur le modèle consiste à comparer les grandeurs déduites d'un modèle représentatif du fonctionnement des différentes entités du processus avec les mesures directement observées sur le processus industriel.

b. La méthode de diagnostic par identification des paramètres

La méthode de diagnostic par identification des paramètres s'applique au cas très particulier où l'on souhaite suivre l'évolution de certains paramètres physiques critiques pour le fonctionnement d'un processus et qui ne sont pas mesurables directement. Par exemple l'encrassement des tubes dans un échangeur de chaleur modifie directement les températures,

des débits des pressions d'évaluer de façon indirecte le coefficient d'échange thermique. Le principe général des méthodes d'identification est d'estimer les paramètres internes physiques représentés par un vecteur paramètre θ du modèle à partir de la connaissance des signaux d'entrées 'u' et 'y' mesurés sur le processus industriel par des méthodes appropriées.

Dans cette approche, il peut arriver quelquefois que les paramètres du processus aient des relations compliquées avec les coefficients physiques du processus ; souvent le mauvais fonctionnement affecte ces derniers. Alors les relations entre les paramètres et les coefficients doivent être uniques et de préférence connus avec précision. Néanmoins ce dernier cas est rare.

c. La méthode de diagnostic par estimation du vecteur d'état

Ces méthodes sont basées sur la prise en compte des observations \mathbf{u} , \mathbf{y} pour remonter aux paramètres ou à son vecteur d'état interne \mathbf{x} . Les éléments et \mathbf{x} ayant par définition un sens physique ou quasi-physique, la cause exacte de la défaillance devient aisée à localiser.

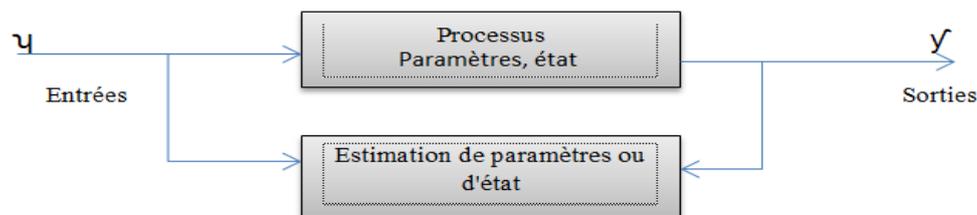


Fig 1.5 : Principe du diagnostic interne.

1.5.2. Méthodes de diagnostic externe [4]

Ces méthodes ne nécessitent pas un modèle mathématique pour décrire les relations de cause à effet, la seule connaissance repose sur l'expertise humaine confrontée à un solide retour d'expérience. Le principe de fonctionnement de ces méthodes est divisé en trois phases :

- Les mesures.
- L'extraction du caractère.
- La classification.

Au début, les données appropriées sont mesurées, puis un vecteur de caractère est calculé. Ensuite, ce dernier réparti en une ou plusieurs classes. Quand la détection et le diagnostic sont combinés, les classes seront les suivantes : le fonctionnement normal, le défaut n°1, le défaut n°2, etc. Donc, dans cette catégorie, on retrouve toutes les méthodes basées sur l'intelligence artificielle qui inclut la reconnaissance des formes, les réseaux de neurones et la logique floue.

1.5.2.1. La reconnaissance des formes

Le diagnostic par RdF peut être présenté comme une solution alternative à l'approche par modèle puisque les modes de fonctionnement sont modélisés, pas de manière analytique, mais en utilisant uniquement un ensemble des mesures de ces modes pour la RdF, une forme est un ensemble de a paramètres ou caractères. Quand les paramètres sont des nombres réels, une forme peut être définie par un point ou un vecteur $x = (x_1, x_2, \dots, x_a)$ dans un espace de dimension a défini par ces paramètres. Cet espace est appelé l'espace de représentation.

Les prototypes sont des points représentatifs des formes types dans l'espace de représentation dans certains cas les formes types sont des modes de fonctionnement. Puisque dans un cas réel, les points sont bruités, une nouvelle observation sera rarement et rigoureusement confondue avec l'un des prototypes. Les nouvelles observations forment donc des zones autour de chaque prototype, ces zones sont appelées classes. La méthode de RdF a plusieurs étapes qui sont:

1° Détermination de l'espace de représentation

Il s'agit de construire le vecteur forme E . Elle consiste à déterminer les paramètres et les techniques de prétraitement nécessaires pour permettre une meilleure reconnaissance ou classification. Elle est le fruit de l'expérience acquise sur le processus et conditionne le succès du système de diagnostic par RdF. Un ensemble de N observations :

$1 E, 2 E, \dots, N E$, recueillies sur le processus à l'aide des capteurs, constitue l'ensemble d'apprentissage. La procédure consiste à mesurer et relever sur le réseau de l'ensemble d'apprentissage E . Pour lesquels l'état de bon fonctionnement ou de panne est connu, Il peut être constant en réalisant un maillage suffisamment fin. Le plan (A, B) , puis en reportant sur ce maillage les points de bon fonctionnement « O » et les points de panne « X » voir la figure 1.6.

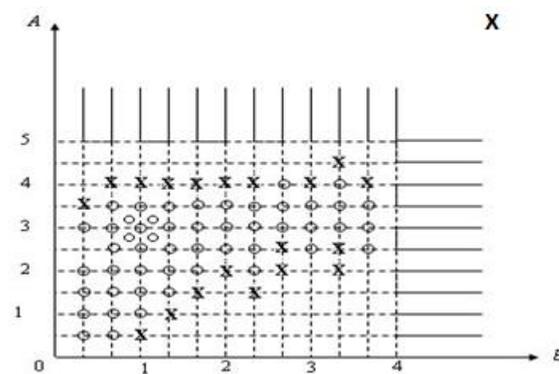


Fig. 1.6 : Représentation de l'ensemble d'apprentissage E [8]

2° Réduction de l'espace de représentation

Il s'agit de réduire la dimension de l'espace de représentation afin d'une part de diminuer le temps de classification d'une nouvelle observation, et d'autre part d'éviter la dégradation des performances à cause d'une dimension trop élevée de l'espace de représentation.

3° Détermination de l'espace de décision

Il s'agit de l'ensemble de toutes les classes possibles. Si on connaît la classe d'origine de chaque observation de l'ensemble d'apprentissage, l'espace de décision est parfaitement connue et l'apprentissage des classes peut être fait en mode dit superviser. Dans le cas contraire, l'apprentissage des classes est fait en mode non supervisé et il passe par deux étapes : une phase de partitionnement automatique de l'ensemble des formes en classes et une phase de validation de ces classes soit par un expert, soit par des critères de validité de la partition.

1.5.2.2. Diagnostic par logique floue

Cette approche, contrairement à la logique du tout ou rien de G.Boode, a pour but la prise en compte de la logique de la pensée humaine qui est approximative. Le concept de sous ensemble flou a été introduit pour prendre en compte l'imprécision. La fonction d'appartenance à un ensemble flou prend des valeurs sur l'intervalle $[0,1]$. Celle-ci exprime le degré d'appartenance d'un élément à cet ensemble : 0 pour la non appartenance stricte et 1 pour l'appartenance stricte. Le principe de fonctionnement du diagnostic basé sur la logique floue consiste à extraire et à calculer les signaux d'entrées, en utilisant les règles linguistiques représentées sous forme de fonctions d'appartenance, ces règles peuvent contenir tous les modèles possibles qui correspondent au mode de défaut considéré. En général, la procédure de fonctionnement d'un système flou est accomplie en trois étapes :

- La fuzzification ;
- L'inférence ;
- La défuzzification.

Le bloc fuzzification contient en général un traitement de données préliminaires ; ces données sont alors traitées par des règles linguistiques, ce qui nécessite leur définition par des fonctions d'appartenance. La fuzzification fournit une série de variables floues, réunies par un vecteur, qui va être introduit au bloc d'inférence. Dans le bloc inférence, les valeurs des variables linguistiques sont liées par plusieurs règles qui doivent tenir compte du comportement statique et dynamique du système (des effets du système à diagnostiquer). Dans la dernière étape, il faut transformer la valeur floue (linguistique) en une valeur déterminée pour déduire l'état du système, ceci se faisant dans le bloc défuzzification ; on rencontre les applications de cette méthode pour le diagnostic des systèmes de production.

1.5.2.3. Diagnostic par réseaux de neurones

« L'étude » objective et précise des RNA converge pour souligner l'importance de la diriger sous le soin et le contrôle de la neurophysiologie qui s'intéresse d'avantage aux problèmes

de défaillances, il est toujours possible d'entreprendre le raisonnement humain, en communiquant à l'entrée du réseau artificiel des données de simulation à la place des mesures effectuées par les capteurs, ce qui permet une description approximative de son état, la reproduction comportementale résultat de ce test est une étape nécessaire, car elle permet de décrire, en cas de trouble fonctionnel, le scénario relatif au diagnostic depuis la détection de l'incident et jusqu'à la localisation de sa source. L'absence d'information concernant certaines situations qui ne sont pas connues par l'intermédiaire de capteurs ou celles dont la mesure est soumise à des imprécisions, pourront être palliées dans le cadre formel de l'intelligence artificielle.