

---

---

**Surveillance et diagnostic d'état  
des machines — Interprétation des  
données et techniques de diagnostic —**

**Partie 2:  
Applications à base de modèles de  
données**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)  
*Condition monitoring and diagnostics of machines — Data  
interpretation and diagnostics techniques —*

*Part 2: Data-driven applications*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a10e6731-1bfl-4ac5-bcb5-9a85f8fc7e87/iso-13379-2-2015>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 13379-2:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a10e6731-1bfl-4ac5-bcb5-9a85f8fc7e87/iso-13379-2-2015>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2015

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office

Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20

Tel. + 41 22 749 01 11

Fax + 41 22 749 09 47

E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)

Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4 Procédure de mise en œuvre d'une surveillance guidée par les données</b> .....	<b>2</b>
4.1 Principe des méthodes de surveillance guidée par les données.....	2
4.2 Sélection de l'équipement, des défaillances critiques et des paramètres du procédé.....	3
4.3 Nettoyage et rééchantillonnage des données.....	4
4.3.1 Généralités.....	4
4.3.2 Erreurs d'interpolation.....	4
4.3.3 Problèmes de qualité des données.....	4
4.3.4 Rééchantillonnage des données.....	4
4.4 Développement du modèle.....	5
4.4.1 Généralités.....	5
4.4.2 Définition de modèles et sélection des données d'entrée pertinentes.....	5
4.4.3 Sélection des conditions de fonctionnement et des données pertinentes.....	5
4.4.4 Préparation des tests du modèle.....	6
4.5 Évaluation des performances du modèle.....	6
4.6 Réglage de l'alarme.....	6
<b>5 Procédure de mise en œuvre d'un diagnostic guidé par les données</b> .....	<b>7</b>
5.1 Généralités.....	7
5.2 Méthode de classification automatisée de formes.....	8
5.3 Méthode de classification simplifiée et automatisée de signatures.....	9
<b>6 Recommandations générales pour mettre en œuvre les méthodes de surveillance empiriques (basées sur un modèle de données)</b> .....	<b>9</b>
<b>Annexe A (informative) Exemple de système de surveillance guidée par les données</b> .....	<b>11</b>
<b>Annexe B (informative) Exemple de système de diagnostic à base de modèle de données</b> .....	<b>13</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>15</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://www.iso.org/standards).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*, sous-comité SC 5, *Surveillance et diagnostic des systèmes de machines*.

L'ISO 13379 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Interprétation des données et techniques de diagnostic*:

- *Partie 1: Lignes directrices générales*
- *Partie 2: Applications à base de modèles de données*
- *Partie 3: Applications à base de modèles de connaissances*

## Introduction

La présente partie de l'ISO 13379 contient des procédures générales pouvant être utilisées pour déterminer l'état d'une machine par rapport à un ensemble de paramètres de référence. Les variations par rapport aux valeurs de référence et une comparaison à des critères d'alarme sont utilisées pour indiquer un comportement anormal et pour générer des alarmes: ces procédures sont généralement désignées en tant que surveillance de l'état. De plus, des procédures permettant d'identifier la (les) cause(s) du comportement anormal sont données pour aider à déterminer l'action corrective appropriée: elles sont généralement désignées en tant que diagnostic.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 13379-2:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a10e6731-1bfl-4ac5-bcb5-9a85f8fc7e87/iso-13379-2-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a10e6731-1bfl-4ac5-bcb5-9a85f8fc7e87/iso-13379-2-2015>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 13379-2:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a10e6731-1bfl-4ac5-bcb5-9a85f8fc7e87/iso-13379-2-2015>

# Surveillance et diagnostic d'état des machines — Interprétation des données et techniques de diagnostic —

## Partie 2: Applications à base de modèles de données

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 13379 fournit des procédures permettant de mettre en œuvre des méthodes de surveillance et de diagnostic guidées par les données afin de faciliter les travaux d'analyse effectués par un personnel spécialisé généralement basé dans un centre de surveillance.

Bien que certaines des étapes soient intégrées à des outils existants, il est essentiel de connaître les étapes suivantes pour une utilisation optimale:

- sélection de l'équipement, des défaillances critiques et des paramètres de procédé disponibles;
- nettoyage et rééchantillonnage des données;
- développement du modèle;
- initialisation et réglage fin du modèle;
- évaluation des performances du modèle;
- processus de diagnostic.

La mise en œuvre de ces étapes ne nécessite pas une connaissance approfondie des méthodes statistiques. Elle exige en revanche des compétences d'une part dans la construction de modèles d'apprentissage et, d'autre part, dans l'exécution des processus de surveillance et de diagnostic.

Dans le cadre d'une surveillance basée sur un modèle de données, l'apprentissage est réalisé sur un équipement présentant un comportement normal. Dans ce cas, le principe de détection de défaut consiste à comparer les données observées aux données estimées. Un écart (appelé résidu) entre la valeur observée et la valeur attendue des paramètres révèle la présence d'une anomalie qui peut être liée à l'équipement ou à l'instrumentation.

Dans le cadre d'un diagnostic basé sur un modèle de données, l'apprentissage est réalisé sur un équipement présentant à la fois un comportement normal et des défaillances. Le principe de la méthode n'est pas de détecter l'écart d'un paramètre, mais d'identifier un défaut en comparant la situation observée avec la situation correspondant aux défauts utilisés pour la phase d'apprentissage. La technique généralement appliquée est la reconnaissance de formes suivie d'une classification de formes.

Les données peuvent provenir du système d'historisation des données inclus dans le système de commande réparti (DCS) ou de systèmes de surveillance spécialisés.

### 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 13372, *Surveillance et diagnostic de l'état des machines — Vocabulaire*

ISO 13379-1, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Interprétation des données et techniques de diagnostic — Partie 1: Lignes directrices générales*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13372 et l'ISO 13379-1 s'appliquent.

## 4 Procédure de mise en œuvre d'une surveillance guidée par les données

### 4.1 Principe des méthodes de surveillance guidée par les données

Des méthodes statistiques avancées prenant en compte simultanément les multiples signaux transmis par une installation et modélisant la relation sous-jacente entre ceux-ci commencent à remplacer les méthodes classiques de surveillance de l'état basées sur l'observation des tendances de signaux individuels.

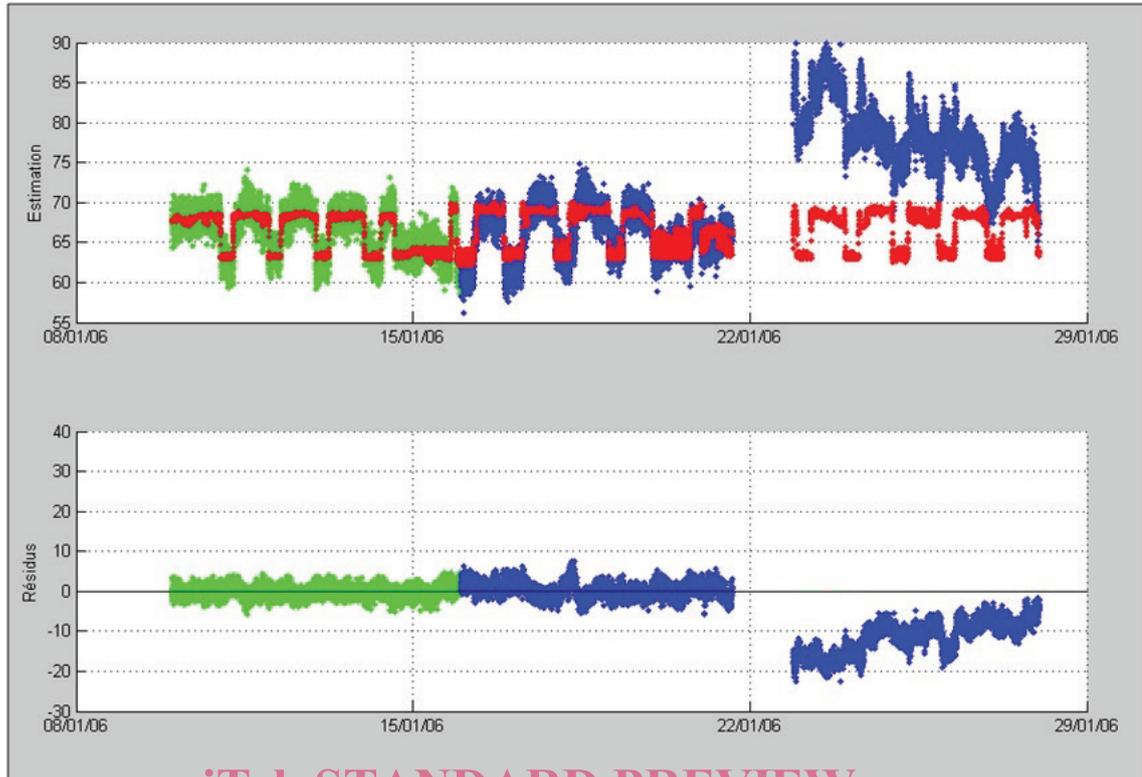
Ces méthodes de surveillance reposent sur le même principe pour détecter un défaut, à savoir comparer les données observées aux données estimées.

Avant la phase de surveillance, il est nécessaire de construire le modèle de comportement normal de l'équipement, au cours de la phase d'apprentissage. Ainsi, les défauts peuvent souvent être détectés comme des écarts entre une valeur observée et la valeur attendue des paramètres du système.

La [Figure 1](#) montre un exemple d'application sur une turbine à gaz. L'objectif est de détecter des déplacements anormaux de l'arbre après un arrêt. Plusieurs données d'entrée sont prises en considération dans le modèle: puissance active, puissance réactive et déplacements des paliers.

ISO 13379-2:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a10e6731-1bfl-4ac5-bcb5-9a85f8fc7e87/iso-13379-2-2015>



#### Légende

vert	apprentissage
bleu	surveillance
rouge	prédiction

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a10e6731-1bfl-4ac5-bcb5-9a85f8fc7e87/iso-13379-2-2015>

**Figure 1 — Amplitude des déplacements d'une turbine à gaz et résidus**

Les méthodes de surveillance guidée par les données généralement appliquées sont la méthode de régression auto-associative de Kernel (AAKR), la méthode de regroupement et de régression partielle par les moindres carrés (PLS), la machine à vecteurs de support (SVM) et/ou la méthode de Mahalanobis-Taguchi (MT).

#### 4.2 Sélection de l'équipement, des défaillances critiques et des paramètres du procédé

La procédure de mise en œuvre d'une surveillance à base de modèles de données est décrite de façon précise dans l'ISO 17359. Elle inclut deux audits principaux:

- audit de l'équipement: identifier l'équipement et ses fonctions;
- audit de fiabilité et de criticité: réaliser un diagramme de fiabilité, établir la criticité de l'équipement et réaliser une analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité.

Une fois cette analyse préliminaire réalisée et la liste des défauts critiques identifiée, il est nécessaire de répertorier les données de procédé disponibles dans le système d'historisation des données ou dans des systèmes de surveillance spécialisés. Un système de surveillance vibratoire est un exemple.

Il peut être nécessaire d'envisager l'installation de capteurs supplémentaires ou de reconsidérer la position des capteurs existants si le périmètre de détection des défauts critiques n'est pas entièrement couvert.

### 4.3 Nettoyage et rééchantillonnage des données

#### 4.3.1 Généralités

Pour construire un modèle robuste, il faut d'abord collecter les données couvrant toutes les conditions de fonctionnement dans lesquelles le système est susceptible de fonctionner et pour lesquelles une validation des signaux est souhaitée. Ces données sont les données historiques qui ont été collectées et enregistrées. En réalité, elles peuvent ne pas toujours représenter l'état réel de l'installation dû à plusieurs anomalies se produisant couramment, notamment des erreurs d'interpolation, des erreurs aléatoires des données, des données manquantes, la perte de chiffres significatifs, des données bloquées et autres. Il convient de toujours vérifier et corriger les données.

**AVERTISSEMENT — Il convient de faire preuve de prudence avant de supprimer des données.**

#### 4.3.2 Erreurs d'interpolation

Le premier problème généralement rencontré lorsque des données historiques sont utilisées pour l'apprentissage du modèle est lié au fait que les données conditionnées disponibles ne correspondent pas aux données réelles, mais plutôt aux données résultant des programmes de compression normalement implémentés dans les programmes d'archivage des données. En général, le système d'historisation des données crée une archive de données qui est une base de données chronologiques. Toutefois, l'ensemble des données n'est pas enregistré à chaque collecte. Seules les valeurs de données dont la variation est supérieure à une tolérance spécifiée sont enregistrées avec l'horodatage correspondant. Cette méthode nécessite beaucoup moins de mémoire, mais entraîne une perte de fidélité des données. Lorsque les données sont extraites du système d'historisation, les valeurs des données entre les points de données consignés sont calculées soit par une simple interpolation linéaire soit par un saut jusqu'au moment du second point de données. Les données obtenues apparaissent comme une série temporelle en dents de scie et les corrélations entre capteurs peuvent être sévèrement modifiées.

En conclusion, il convient que les données collectées pour l'apprentissage du modèle soient des données réelles et il convient de fixer des tolérances aussi faibles que possible ou de ne pas les utiliser.

#### 4.3.3 Problèmes de qualité des données

Les problèmes de qualité des données les plus courants sont les suivants:

- données manquantes;
- données bruitées ou aléatoires;
- capteurs défectueux pour lesquels la valeur des données n'est pas actualisée ou qui sont mal étalonnés;
- valeurs de données non raisonnables (en dehors des limites).

La plupart de ces problèmes de données peuvent être identifiés visuellement ou peuvent être détectés par un utilitaire de nettoyage des données. Ces utilitaires éliminent les données incorrectes ou les remplacent par les valeurs de données les plus probables en utilisant un algorithme. Il est plus courant de supprimer toutes les données incorrectes observées de l'ensemble des données d'apprentissage. La plupart des systèmes logiciels intègrent des outils automatiques de nettoyage des données; ces outils identifient facilement les données extrêmes aberrantes, mais sont généralement insensibles aux erreurs de données se produisant dans le domaine de fonctionnement attendu. L'introduction de points de données incorrects dans une base d'apprentissage peut invalider un modèle.

#### 4.3.4 Rééchantillonnage des données

Une fois les données nettoyées, il peut être nécessaire de rééchantillonner les données à une fréquence plus faible déterminée par les modes de fonctionnement sélectionnés. Ainsi, il est conseillé de conserver tous les horodatages pour caractériser les transitoires des paramètres de fonctionnement significatifs

(par exemple, arrêt d'une machine) alors qu'en régime permanent, un échantillon toutes les 10 minutes (obtenu en moyenne ou non) peut suffire.

## 4.4 Développement du modèle

### 4.4.1 Généralités

Le développement du modèle n'est pas trivial. Plusieurs étapes doivent être réalisées, notamment:

- la sélection des descripteurs caractéristiques;
- la sélection des domaines de fonctionnement et des données d'apprentissage appropriés;
- la préparation des tests du modèle.

La construction d'un modèle empirique nécessite:

- un ensemble de paramètres (capteurs) axés sur un type spécifique de défaut (mécanique, électrique, thermique, etc.);
- des échantillons de données pour une période durant laquelle la machine est connue pour être en bon état.

### 4.4.2 Définition de modèles et sélection des données d'entrée pertinentes

Une fois que la qualité des données a été validée, les descripteurs du modèle doivent être définis. Les descripteurs peuvent être les valeurs brutes fournies par les capteurs ou être dérivés des valeurs fournies par les capteurs (moyennes mobiles à pondération exponentielle, moyennes, kurtosis, etc.). Une grande installation industrielle peut posséder des centaines de paramètres devant être surveillés pour l'évaluation d'un équipement critique. Par conséquent, ils doivent être divisés en plus petits groupes corrélés pour se concentrer sur une fonction spécifique de l'équipement (thermique, mécanique, refroidissement, etc.).

Les performances du modèle peuvent être fortement affectées par les descripteurs retenus. Les descripteurs inutiles ont tendance à réduire les performances en induisant de fausses alarmes ou en masquant des événements réels. Les descripteurs inutiles peuvent inclure des données invariables ou aléatoires. Les descripteurs importants manquants peuvent rendre certains défauts impossibles à détecter.

Pour construire un modèle exact et robuste, il convient de sélectionner les descripteurs en gardant à l'esprit l'aspect fonctionnel (paramètres utiles pour la détection d'un groupe spécifique de défauts) ainsi que l'aspect numérique. Il est recommandé d'employer des descripteurs corrélés dans le modèle et de tenir compte du fait qu'un changement normal de l'état de la machine peut être expliqué par un paramètre indépendant de l'équipement (tel que les paramètres de processus externes).

### 4.4.3 Sélection des conditions de fonctionnement et des données pertinentes

Le modèle doit faire l'objet d'un apprentissage avec des données couvrant toutes les conditions de fonctionnement susceptibles d'être appliquées. Ces domaines de fonctionnement peuvent varier de façon significative d'une installation à l'autre car ils sont définis par la structure du système, les valeurs fournies par les capteurs et les modes opératoires.

Un exemple de changement des conditions de fonctionnement est l'usage périodique de pompes de secours ou l'usage cyclique de pompes redondantes. Un modèle doit faire l'objet d'un apprentissage pour chaque condition de fonctionnement du système pour opérer convenablement, mais un apprentissage excessif sur des conditions inhabituelles peut dégrader les performances sur les conditions de fonctionnement les plus courantes. Par conséquent, certains types de machines peuvent ne jamais être inclus dans la base d'apprentissage.

Les conditions de fonctionnement peuvent également varier à la suite d'une réparation de l'équipement. Dans ce cas, le modèle doit faire l'objet d'un nouvel apprentissage pour prendre en compte le nouvel état.