

Deuxième édition  
2015-09-15

Version corrigée  
2021-11

---

---

## Surveillance et diagnostic des machines — Pronostic —

### Partie 1: Lignes directrices générales

*Condition monitoring and diagnostics of machines — Prognostics —*

*Part 1: General guidelines*  
**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 13381-1:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7e333216-9ac0-496a-a1e3-fed56d4dd85e/iso-13381-1-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7e333216-9ac0-496a-a1e3-fed56d4dd85e/iso-13381-1-2015>



Numéro de référence  
ISO 13381-1:2015(F)

© ISO 2015

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

ISO 13381-1:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7e333216-9ac0-496a-a1e3-fed56d4dd85e/iso-13381-1-2015>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2015

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
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>1</b>
<b>4 Exigences relatives aux données</b> .....	<b>3</b>
<b>5 Concept de pronostic</b> .....	<b>4</b>
5.1 Concepts de base .....	4
5.2 Facteurs d'influence .....	6
5.3 Identification des tendances, réglage des limites d'alerte, d'alarme et de mise à zéro (arrêt) .....	7
5.4 Analyse de paramètres multiples .....	9
5.5 Critères de déclenchement .....	11
5.6 Pronostic de déclenchement du mode de défaillance .....	11
<b>6 Modèles de défaillance et de détérioration utilisés pour les pronostics</b> .....	<b>13</b>
6.1 Concepts de modélisation du comportement du mode de défaillance .....	13
6.2 Types de modélisation .....	14
<b>7 Processus générique de pronostic</b> .....	<b>14</b>
7.1 Niveaux de confiance des pronostics .....	14
7.2 Processus de pronostic .....	15
7.2.1 Généralités .....	15
7.2.2 Prétraitement .....	15
7.2.3 Processus de diagnostic des modes de défaillance existants .....	16
7.2.4 Processus de pronostic de modes de défaillance futurs .....	16
7.2.5 Pronostic d'action postérieure .....	16
7.3 Rapport de pronostic .....	17
<b>Annexe A (normative) Organigramme de surveillance</b> .....	<b>18</b>
<b>Annexe B (informative) Exemple de détermination du niveau de confiance dans le pronostic</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe C (informative) Techniques de modélisation des défaillances</b> .....	<b>20</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>22</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: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7e553216-9ac0-496a-a1e3-1ed56d4dd85e/iso-13381-1-2015>

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*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 13381-1:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 13381 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Surveillance et diagnostic des machines — Pronostic*:

— *Partie 1: Lignes directrices générales*

Les parties suivantes sont en préparation:

— *Partie 2: Approches fondées sur la performance*

— *Partie 3: Techniques de durée d'utilisation guidées par les cycles*

— *Partie 4: Modèles de prédiction de la durée de vie utile*

La présente version corrigée de l'ISO 13381-1:2015 inclut les corrections suivantes:

- en 4.1, le texte erroné aux points de liste d) et e) a été corrigé;
- la ponctuation de la liste a été remplacée par des virgules.

## Introduction

Le processus complet de surveillance de l'état des machines se compose des cinq phases distinctes suivantes:

- détection de problèmes (écarts par rapport à un état normal);
- diagnostic des défauts et de leurs causes;
- pronostic d'une future progression du défaut;
- actions recommandées;
- analyses d'avarie.

En matière de pronostic de bon état d'une machine (qui exige de prévoir l'intégrité et la détérioration ultérieures de la machine), il ne peut y avoir d'exactitude dans le processus. Au lieu de cela, le pronostic nécessite l'adoption d'une approche statistique ou de recommandation. La normalisation en matière de pronostic de bon état d'une machine doit donc formuler des lignes directrices, des approches et des concepts plutôt que des modes opératoires stricts ou des méthodologies normalisées.

Le pronostic d'une future progression de défauts nécessite la connaissance préalable des modes de défaillances probables, des sollicitations ultérieures auxquelles la machine sera ou pourra être soumise et une parfaite compréhension des relations entre modes de défaillances et conditions de fonctionnement. Pour ce faire, il peut s'avérer nécessaire de comprendre les phénomènes physiques qui sous-tendent les modes de défauts et de collecter des paramètres relatifs aux sollicitations antérieures et cumulées, de disposer de l'historique de la maintenance antérieure, des résultats de contrôles, des données d'exploitation jusqu'à défaillance, des trajectoires et des données d'exploitation associées, ainsi que des paramètres d'état et de performance avant de procéder à des extrapolations, projections et prévisions.

ISO 13381-1:2015

Les processus de pronostic doivent adapter ces modèles analytiques de dommage.

Dans la mesure où la puissance de calcul augmente et le coût de stockage des données diminue, l'analyse de paramètres multiples devient plus complexe et la modélisation devient plus sophistiquée. Par conséquent, la capacité de prévoir le déclenchement d'un mode de défaillance n'est pas inconcevable, mais il est nécessaire que les critères de déclenchement soient connus (exprimés sous la forme d'un ensemble de paramètres pour un mode donné), de même que leur comportement ultérieur pour un ensemble donné de conditions.

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

[ISO 13381-1:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7e333216-9ac0-496a-a1e3-fed56d4dd85e/iso-13381-1-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7e333216-9ac0-496a-a1e3-fed56d4dd85e/iso-13381-1-2015>

# Surveillance et diagnostic des machines — Pronostic —

## Partie 1: Lignes directrices générales

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 13381 fournit des lignes directrices relatives au développement des processus de pronostic. Elle est destinée à:

- permettre aux développeurs, aux prestataires, aux utilisateurs et aux fabricants de partager des concepts communs en matière de pronostic;
- permettre aux utilisateurs de déterminer les données, caractéristiques, processus et comportements requis pour pouvoir faire un pronostic précis;
- esquisser des approches et des processus appropriés pour le développement d'un pronostic, et
- introduire des concepts de pronostic afin de faciliter le développement futur de systèmes et de formations.

D'autres parties comprendront l'introduction de concepts des formes suivantes d'approches pour le développement d'un pronostic: approches fondées sur les changements de performances (détermination des tendances) (ISO 13381-2), techniques de durée d'utilisation guidées par les cycles (ISO 13381-3), et modèles de prévision de la durée de vie restante (ISO 13381-4).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7e333216-9ac0-496a-a1e3-fed56d4dd85e/iso-13381-1-2015>

### 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 2041, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance — Vocabulaire*

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*

ISO 17359, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Lignes directrices générales*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13372, l'ISO 2041 ainsi que les suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **résultat du pronostic**

estimation de la durée de fonctionnement avant défaillance et du risque pour un ou plusieurs modes de défaillance naissants

[SOURCE: ISO 13372:2012, 10.2]

### 3.2

#### **pronostic**

analyse des symptômes des défauts dans l'intention de prédire l'état futur et la survie en fonction des paramètres de conception

[SOURCE: ISO 13372:2012, 1.15]

### 3.3

#### **niveau de confiance**

chiffre (par exemple pourcentage) indiquant le degré de certitude que le diagnostic/le pronostic est correct

Note 1 à l'article: Ce chiffre représente essentiellement l'effet cumulé des sources d'erreurs sur la certitude finale ou la confiance dans l'exactitude du résultat. Ce chiffre peut être déterminé à l'aide d'un algorithme ou d'un système d'évaluation pondérée.

### 3.4

#### **cause originelle**

ensemble de conditions ou d'actions qui se produisent au début d'une série d'événements qui ont pour conséquence le déclenchement d'un mode de défaillance

[SOURCE: ISO 13372:2012, 8.9]

### 3.5

#### **analyse des modes de défaillance et de leurs effets**

##### **AMDE**

procédure structurée permettant de déterminer les fonctions et les défaillances fonctionnelles du matériel, chaque défaillance étant évaluée en fonction de sa cause et de ses effets sur le système

Note 1 à l'article: Cette technique peut être appliquée à un nouveau système moyennant une analyse ou à un système existant sur la base d'un historique de données.

Note 2 à l'article: Une procédure AMDE est présentée dans l'IEC 60812<sup>[3]</sup>.

[SOURCE: ISO 13372:2012, 8.2]

### 3.6

#### **analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur phase critique**

##### **AMDEC**

AMDE comprenant un processus de classification en fonction de la gravité des défauts

Note 1 à l'article: Cela est fait en comparaison avec les seuils de phase critique.

Note 2 à l'article: Une procédure AMDEC est également présentée dans l'IEC 60812<sup>[3]</sup>.

[SOURCE: ISO 13372:2012, 8.3]

### 3.7

#### **analyse des symptômes des modes de défaillance**

##### **ASMD**

processus reposant sur l'AMDEC et formalisant par écrit les symptômes produits par chaque mode ainsi que les techniques les plus efficaces de détection et de surveillance afin de mettre au point et d'optimiser un programme de surveillance

Note 1 à l'article: Ce processus est présenté dans l'ISO 13379-1.

**3.8**  
**durée estimée de fonctionnement avant défaillance**  
**DEFAD**

estimation du temps écoulé entre l'instant actuel et le moment où la machine surveillée est jugée en panne

Note 1 à l'article: Définie dans la [Figure 2](#).

**3.9**  
**durée de vie utile restante**  
**DVUR**

temps restant avant que l'état du système ne descende au-dessous d'un seuil défini de défaillance

**3.10**  
**horizon prédictif**

seuil de prédiction de la durée de fonctionnement avant défaillance, tel qu'espéré par l'utilisateur

## 4 Exigences relatives aux données

**4.1** Les concepts généraux de surveillance sont esquissés dans l'ISO 17359. Ils constituent la base et le préalable du processus de pronostic. Le pronostic peut nécessiter la collecte de données documentées couvrant

- a) la population totale d'une usine, des machines, des composants étudiés ainsi que les spécifications des équipements d'origine,
- b) tous les paramètres surveillés et descripteurs,
- c) les connaissances expertes sur le référentiel, la mise en service, l'historique des données relatives à l'exploitation, à la maintenance, aux contrôles et aux défaillances,
- d) les environnements, régimes, exigences et calendriers d'exploitation et de maintenance actuels et futurs,
- e) le diagnostic initial, incluant l'identification de tous les modes de défaillance existants,
- f) les modèles de défaillance, incluant les modes de défaillance uniques et multiples pouvant comprendre des statistiques, les facteurs existants et futurs ayant une incidence sur les modes de défaillance, les critères de déclenchement et les réglages de zéro pour la définition des défaillances pour tous les paramètres et descripteurs,
- g) les techniques d'ajustement de la courbe, de projection et de superposition,
- h) les limites d'alarme,
- i) les limites de mise à zéro (arrêt),
- j) les seuils de performance relatifs au bon état du système,
- k) les résultats de la recherche de défaillance,
- l) les données de fiabilité, disponibilité, maintenabilité, coûts et sécurité,
- m) les données relatives au déclenchement d'un dommage,
- n) les données de progression du dommage,
- o) l'état de configuration de la fabrication (numéro de lot, etc.), et
- p) les données ambiantes ayant une incidence sur le bon état des composants.

Dans certaines applications et certains cas, il est possible que ces informations ne soient pas toutes disponibles.

**4.2** Les objectifs spécifiques de la collecte de données de fiabilité concernant l'état actuel et les performances sur site d'une machine sont les suivants:

- étudier la fiabilité réelle et, en conséquence, permettre d'établir les caractéristiques prévues de fiabilité d'une machine et de les comparer aux données sur site et aux modèles de dommages et ainsi d'améliorer les prévisions ultérieures;
- fournir des données permettant d'améliorer la fiabilité tant de la machine actuelle que des développements futurs;
- fournir des données pour la vérification et la validation des modèles et des algorithmes.

**4.3** Les objectifs spécifiques de la collecte de données concernant les sollicitations actuelles sur sites et les sollicitations cumulées d'une machine sont les suivants:

- étudier la relation entre la fiabilité réelle et le travail effectué et donc permettre de comparer les modèles de déclenchement et de progression du dommage avec les données sur site;
- fournir des données permettant d'améliorer les modèles d'estimation des dommages tant de la machine actuelle que des développements futurs;
- fournir des données permettant d'élargir la gamme des applications des modèles d'estimation des dommages.

**4.4** Les objectifs spécifiques de la collecte de données en matière de coûts de surveillance et d'utilisation de l'équipement, de pertes de production, de pertes dues à des dommages indirects, d'opérations de maintenance et d'inventaires du stock de machines sont les suivants:

- étudier des ratios bénéfiques/coûts de diverses actions de maintenance;
- permettre de prendre à l'avenir de meilleures décisions en matière de maintenance;
- fournir des données permettant de réduire les coûts d'exploitation et de maintenance de la machine actuelle et des réalisations futures;
- fournir des données en matière de coûts (avec les données surveillées et les données de performance et également avec les données en matière de sollicitations sur site; voir [4.3](#)) pour permettre d'assurer une organisation et une gestion optimales de toutes les opérations de maintenance (maintenance en l'état, maintenance préventive programmée, maintenance corrective, personnel de service, stocks de pièces de rechange, etc.).

## 5 Concept de pronostic

### 5.1 Concepts de base

Le pronostic est une estimation de la durée de fonctionnement avant défaillance et de la probabilité d'existence ou d'apparition ultérieure d'un ou de plusieurs modes de défaillance. Il repose sur la connaissance détaillée du processus de propagation des défauts et sur l'expérience acquise. Le but du pronostic est de fournir à l'utilisateur un moyen pour prédire durée de vie utile restante (DVUR) avec un niveau de confiance satisfaisant. Ces informations peuvent être utilisées pour orienter les décisions des opérateurs afin de prévenir la défaillance, prolonger la durée de vie par le biais de modifications opérationnelles appropriées, ou simplement pour se donner le temps de se préparer pour la défaillance imminente. L'efficacité du pronostic est déterminée par le degré auquel les défauts et les modes de défaillance présentent des caractéristiques connues, liées à l'âge, liées aux performances ou des caractéristiques de détérioration progressive qui sont bien comprises et appuyées par des modèles.

Une défaillance doit être définie en termes de paramètres ou de descripteurs surveillés. Les données de surveillance à elles seules sont insuffisantes pour établir un pronostic.

La base conceptuelle générale d'un processus de pronostic est de

- a) définir le point limite,
- b) déterminer ou estimer les comportements des paramètres ou des descripteurs et la vitesse de détérioration escomptée,
- c) estimer l'état actuel de détérioration,
- d) estimer la durée de vie restante prévue ou la durée de fonctionnement avant défaillance prévue,
- e) définir le niveau de confiance, et
- f) établir l'horizon des événements du pronostic souhaité.

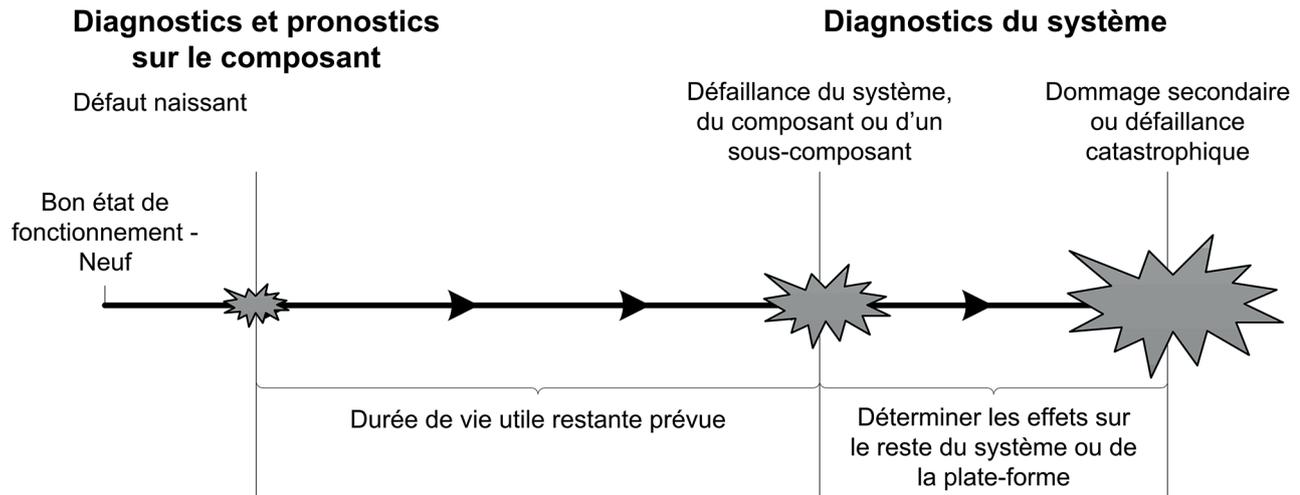
Il est important de comprendre que le diagnostic est, par nature, rétrospectif et focalisé sur des données existant à un instant donné.

Cependant, le pronostic est focalisé sur l'avenir et doit par conséquent prendre en compte les aspects suivants:

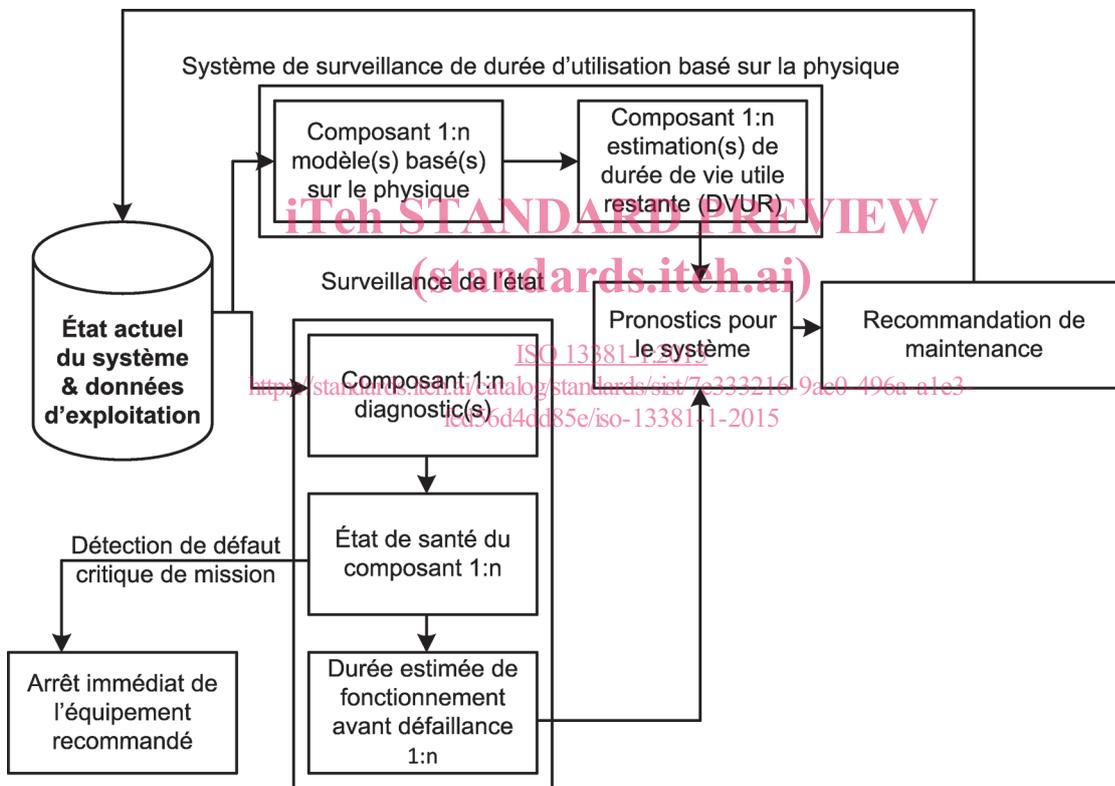
- les modes de défaillance uniques et multiples existants ainsi que les taux de détérioration;
- les critères de déclenchement de futurs modes de défaillance;
- le rôle des modes de défaillance existants dans le déclenchement de futurs modes de défaillance;
- l'influence entre les modes de défaillance existants et les modes de défaillance futurs ainsi que leurs taux de détérioration;
- la sensibilité à la détection et aux modifications des modes de défaillance existants et futurs du fait des techniques de surveillance actuelles;
- la conception et les changements de stratégies de surveillance afin de s'adapter à tous les éléments ci-dessus;
- l'effet des actions de maintenance et/ou des conditions d'exploitation; et
- les conditions ou les hypothèses dans lesquelles les pronostics restent valables.

Les sous-domaines présentant un intérêt sont les suivants: la dégradation des performances, l'utilisation cyclique et les modèles de prévision de la durée de vie utile restante (DVUR).

La [Figure 1](#) a) illustre les concepts généraux de relation entre le pronostic et le diagnostic sur la ligne chronologique de progression de la défaillance. La [Figure 1](#) b) illustre une autre perspective de la relation entre les processus de diagnostic et de pronostic.



**a) Pronostic et diagnostic sur la ligne chronologique de progression de défaillance**



**b) Processus de diagnostic et de pronostic**

NOTE Il convient de noter que la surveillance de la durée d'utilisation et de l'état n'est pas nécessaire dans tous les systèmes.

**Figure 1 — Deux perspectives des processus de diagnostic et de pronostic**

**5.2 Facteurs d'influence**

Les facteurs d'influence sont des paramètres qui affectent le taux de détérioration d'un mode de défaillance, par exemple, la température, la viscosité, le jeu, la charge, la vitesse, les conditions de fonctionnement, etc. Chaque facteur d'influence peut être considéré comme un élément contributif d'un mode de défaillance existant. Les facteurs d'influence affectent également la progression et le déclenchement d'autres défauts existants ou futurs.