



## Présentation

**Code interne :** AP8NUMAP

### Description

#### Objectifs et compétences acquises

Le maintien en condition opérationnelle des systèmes industriels à moindre coût est devenu un facteur critique quant à la performance des entreprises et les concepts traditionnels de maintenance sont peu à peu complétés par une prise en compte plus proactive des défaillances. Dans cet esprit, la maintenance prédictive fait l'objet d'une attention croissante. Elle a globalement pour principe de transformer un ensemble de données brutes recueillies sur l'équipement surveillé, en indicateurs de santé dont l'extrapolation dans le temps permet de définir des politiques de réaction circonstanciées. Nous visons dans ce module :

- à présenter l'émergence de cette thématique de maintenance prédictive,
- à expliciter et illustrer les processus sous-jacents (notamment celui du pronostic),
- à décrire les bénéfices pouvant être attendus de la mise en œuvre de ces solutions,
- à apporter quelques éléments de réflexion sur les défis encore d'actualité.

A l'issue de ce module, les étudiants seront à même :

- de juger de l'opportunité de démarrer un chantier de maintenance prédictive,
- de déployer la méthodologie associée et d'orchestrer un ensemble d'algorithmes pour supporter les étapes de ce process,
- de juger des performances des solutions développées.

Par ailleurs, les étudiants seront sensibilisés au caractère « novateur » de la maintenance prédictive (brique de l'industrie 4.0), aux freins à sa mise en œuvre (évolution des pratiques), à la complémentarité des systèmes informationnels en place (IoT, MES, GMAO, ERP), et aux interactions nécessaires avec d'autres corps de métiers (ordonnancement, qualité, SAV, etc.).

#### Compétences en cours d'acquisition

Mobiliser un large champ de sciences fondamentales et techniques lié aux systèmes avioniques et spatiaux, et avoir la capacité d'analyse et de synthèse qui leur est associée

Avoir une approche globale systémique

### Heures d'enseignement

CM	Cours Magistraux	8h
TP	Travaux Pratiques	12h

## Pré-requis obligatoires

Traitement du signal : AP5NUTDS

Probabilités et statistiques : AP5SISPI

Concept de SDF

## Syllabus

Contenu

Volet 1 - Introduction à la maintenance prédictive

La valeur : exemples illustratifs

Le vecteur : concepts, positionnement, et enjeux de la maintenance prédictive

Le socle : rappels élémentaires (notions de risque, de défaillance, de grandeurs FMDS)

Le premier volet du module porte sur la présentation générale de la maintenance prédictive. Nous y mettons en relief l'urgence stratégique d'une prise en compte plus proactive des phénomènes de défaillances, et décrivons l'évolution des enjeux, prérogatives et pratiques des services de maintenance en conséquence.

Volet 2 - Maintenance prédictive : méthodologie

Structurer la démarche : rosace CBM et Prognostics and Health Management

Observer le système : acquisition et prétraitement de données

Modéliser / analyser les dégradations : détection, diagnostic et pronostic

Agir : optimiser, décider et capitaliser

De manière imagée, la maintenance prédictive vise à donner du sens à des données brutes qui portent de l'information sur l'évolution de la pathologie d'un matériel. Dans ce second volet du module, nous dégageons un ensemble cohérent de traitements nécessaires pour mener à bien ce type d'analyse et décider en conséquence.

Volet 3 - Maintenance prédictive : outils

Approches stochastiques « conventionnelles »

Traitement du signal et analyses multivariées

Modèles physiques et boîtes noires / grises (intelligence artificielle et machine learning)

Mesures d'erreurs, de confiance, et prédictibilité

Dans ce troisième volet du module, les étudiants sont initiés à quelques techniques algorithmiques permettant : 1) de générer des descripteurs d'état de santé du matériel, 2) de modéliser la dynamique des dégradations, 3) d'estimer la durée de vie résiduelle, 4) de juger des performances des analyses menées.

Volet 4 - Conclusions et ouvertures

Maintenance prédictive : mythe ou réalité, data-science vs processus métiers

Cycle de vie, ROI et évolutions des pratiques

Défis d'actualité

Dans une conclusion, nous apportons un regard critique sur la maturité de l'activité de maintenance prédictive, et ouvrons la discussion d'une part, sur la « valeur économique » qu'elle porte, et d'autre part, sur les problèmes scientifiques et techniques qui restent largement ouverts.

Méthode pédagogique d'acquisition

Ce module est assuré de manière conventionnelle : sur la base de cours introductifs et de mises en situation lors de séances de Travaux Pratiques.

Afin d'illustrer les éléments introduits, de nombreuses simulations et vidéos sont présentées aux étudiants.

Les étudiants sont amenés (en binôme) à traiter un petit exemple de maintenance prédictive (Matlab ou Python). Un léger travail bibliographique est également demandé : production d'une fiche outil sur un algorithme de maintenance prédictive.

## Informations complémentaires

Maintenance du Futur

## Modalités de contrôle des connaissances

### Évaluation initiale / Session principale

Type d'évaluation	Nature de l'évaluation	Durée (en minutes)	Nombre d'épreuves	Coefficient de l'évaluation	Note éliminatoire de l'évaluation	Remarques
Contrôle Continu Intégral	Compte-Rendu			0.5		
Contrôle Continu Intégral	Rapport			0.5		

### Seconde chance / Session de rattrapage

Type d'évaluation	Nature de l'évaluation	Durée (en minutes)	Nombre d'épreuves	Coefficient de l'évaluation	Note éliminatoire de l'évaluation	Remarques
Epreuve terminale	Rapport			1		