

Optimisation de stratégies de maintenance exceptionnelle sous incertitudes.
Application à des cas-tests avec la plate-forme VME
EDF R&D Management des Risques Industriels

Contacts EDF: J. Lonchamppt (jerome.lonchamppt@edf.fr) - A. Dutfoy (anne.dutfoy@edf.fr)

Encadrant académique: laboratoire ENPC / CERMICS.

1 Contexte

La gestion des actifs industriels consiste à optimiser la valeur d'une installation industrielle dans la durée, en traitant deux principaux volets:

- la quantification des risques, qui consiste, dans un contexte incertain, à évaluer l'adéquation d'un actif industriel avec ses missions (coût global de possession de l'actif, disponibilité, sûreté, robustesse aux évolutions de contexte budgétaire, climatique, réglementaire, ...),
- l'optimisation de l'actif, qui consiste à prendre les meilleures décisions concernant celui-ci (choix technologique, programme de maintenance, chaîne logistique, ...) pour répondre au mieux à ses missions.

La gestion des actifs industriels permet ainsi de maîtriser les bilans technico-économiques des installations, non seulement pour optimiser les dépenses d'exploitation (optimisation des budgets associés à la maintenance des systèmes) mais également pour diminuer les besoins en fond de roulement via l'optimisation des stocks. Cette maîtrise des bilans technico-économiques vise ainsi à maintenir et améliorer la rentabilité de l'entreprise, tout en contrôlant la sûreté des installations.

Afin de faciliter cette maîtrise des bilans technico-économiques, les outils d'aide à la gestion des actifs industriels permettent au décideur de prendre en toute connaissance de cause les décisions structurantes nécessaires à une bonne gestion de son capital industriel. EDF R&D a ainsi développé depuis plusieurs années des outils et méthodes R&D visant à aider les unités opérationnelles à gérer ses actifs, en lien direct avec les enjeux industriels de l'exploitant. A ce titre, l'outil VME (Valorisation de Maintenance Exceptionnelle) intercompare les stratégies de maintenance exceptionnelle.

Les stratégies de maintenance sont hiérarchisées via l'indicateur $VAN(t)$, Valeur Actuelle Nette, calculé chaque année t : la $VAN(t)$ quantifie la différence entre le coût de cycle de vie de l'installation industrielle induit par une stratégie et celui induit par une autre stratégie, à l'année t .

Le coût d'un cycle de vie est aléatoire car il dépend de la survenue d'aléas sur les matériels constituant l'installation industrielle: dégradation, défaillance. Il dépend aussi d'autres facteurs tels que la qualité de la maintenance (impact sur la fiabilité du matériel), de la politique de maintenance (corrective, préventive, ...), de la politique de pièces de rechange, ...

Ainsi la $VAN(t)$ est une variable aléatoire dont il s'agit de connaître la loi de probabilité chaque année t .

Un des objectifs des études de gestion d'actifs est d'optimiser une caractéristique de la loi de la variable aléatoire $VAN(t)$ à un instant t particulier: l'espérance $\mathbb{E}_{\xi} [VAN(t)]$ où ξ représente l'ensemble des aléas, quantiles particuliers, probabilité de regret (définie comme étant $\mathbb{P}_{\xi} (VAN(t) < 0)$),

moyenne conditionnelle (par exemple la *Value At Risk* définie par $\mathbb{E}_{\xi} [VAN(t) | VAN(t) < 0]$), ...

L'optimisation peut aussi être soumise à des contraintes probabilistes, qui peuvent être: la probabilité de regret est inférieure à un seuil donné ($\mathbb{P}_{\xi} (VAN(t) < 0) < p_0$), ou des contraintes techniques sur les composants.

Par exemple, on veut pouvoir déterminer les dates *optimales* de remplacement de certains matériels, l'optimum étant déterminé à l'aide d'un critère particulier.

2 Formalisation mathématique

Le problème se formalise comme suit.

Si on note J le *code métier*, \mathbf{x} un vecteur de paramètres déterministes et $\xi(\omega)$ un certain nombre d'aléas décrits par leur loi de probabilité, alors les études de gestion d'actifs manipulent une quantité du type $J(\mathbf{x}, \xi(\omega))$.

L'objectif est d'optimiser une fonctionnelle de \mathcal{J}_{ξ} de $J(\mathbf{x}, \xi(\omega))$:

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{x} \in \mathbb{A}} \quad & \mathcal{J}_{\xi}(J(\mathbf{x}, \xi(\omega))) \\ & f(\mathbf{x}, \xi) \leq 0 \\ & g(\mathbf{x}, \xi) = 0 \end{aligned} \tag{1}$$

où, par exemple, la fonctionnelle \mathcal{J}_{ξ} est un indicateur classique des courbes de risque:

- $\mathcal{J}_{\xi} = \mathbb{E}_{\xi} [.]$
- $\mathcal{J}_{\xi} = ValueAtRisk(.)$
- $\mathcal{J}_{\xi} = \text{quantile d'ordre } 5\%$
- ...

et où les contraintes d'optimisation f, g sont des contraintes d'égalité ou d'inégalité et dépendent potentiellement des aléas ξ . Par exemple, $f(\mathbf{x}, \xi) = \mathbb{P}_{\xi} (VAN(t) < 0) - p_0$.

La détermination des dates optimales de remplacement des matériels consiste à trouver:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}^* = \quad & \arg \min_{\mathbf{x} \in \mathbb{A}} \quad \mathcal{J}_{\xi} (J(\mathbf{x}, \xi(\omega))) \\ & f(\mathbf{x}, \xi) \leq 0 \\ & g(\mathbf{x}, \xi) = 0 \end{aligned} \tag{2}$$

où \mathbf{x} représente le vecteur des dates de remplacement.

3 Travail requis

Le stagiaire effectuera le travail suivant:

- prise en main de l'outil métier VME développé par EDF R&D, développé en C++;
- formalisation mathématique des différents problèmes d'optimisation sous incertitudes intéressant les utilisateurs de VME;
- caractérisation de la complexité du modèle et des problèmes d'optimisation sélectionnés;
- bibliographie sur les méthodes existantes et leur applicabilité: algorithmes de Robbins-Monro stochastique, algorithme du recuit simulé stochastique, algorithme d'Arrow-hurwitz stochastique, ...
- selon l'avancement du travail et le niveau du stagiaire: mise en oeuvre d'une méthode si possible sous VME ou élaboration des principes d'un nouvel algorithme.

Ce travail peut être poursuivi en thèse.

4 Profil recherché et Renseignements pratiques

Profil recherché:

- Etudiant en Master 2.
- Connaissance des algorithmes d'optimisation sous incertitudes classiques.
- Connaissance des rudiments de la programmation C++.
- Autonomie.

Renseignements pratiques:

- Durée du stage: 6 mois.
- Date de début du stage: janvier/février/mars 2016.
- Durée hebdomadaire de travail: 35 heures. Les modalités pratiques de l'amplitude hebdomadaire sont celles en vigueur au département MRI (ex : Alternance d'une semaine de 5 jours et d'une semaine de 4 jours).
- Le stage est rémunéré.
- Lieu du stage: site EDF R&D de Chatou (6 quai Watier, Chatou)