

OPTIMISATION DE LA DISPONIBILITE D'UN SYSTEME DE PRODUCTION INTEGRANT L'ASPECT ENVIRONNEMENT

Zina BRIK, Pierre SECHER

Zina.brik@apsys.eads.net, pierre.secher@apsys.eads.net

APSYS

22, quai Galliéni

92158 Suresnes cedex-France

FAX : +33(0)1 42 04 81 74

Résumé

L'évaluation des indicateurs prévisionnels de performances et de sûreté de fonctionnement par des modèles statiques ne permet pas de prendre en compte des hypothèses très fines de modélisation telles que la gestion des ressources, la temporisation des processus, l'impact des défaillances sur les performances (fiabilité, production,...), les contraintes environnementales...

Dans cet article, nous proposons une méthode basée sur une modélisation comportementale du système permettant de prendre en compte Des hypothèses sophistiquées, et ce en décrivant les aspects dynamiques dus à l'occurrence des événements.

Le langage AltaRica data flow permet de décrire ce type de comportement par la modélisation des automates à états finis. L'outil SIMFIA V2 est utilisé comme interface graphique afin de faciliter les travaux de modélisation.

Summary

The assessment of RAMS indicators by static models does not allow to take into account refined hypotheses such as resources management, the time delay of the process, the impact of failures on performances (reliability, production ...) ...

In this paper, we put forward a method based on a behavioural modelling allowing taking into account the sophisticated hypotheses mentioned above by describing the dynamic aspects due to failure occurrences of events.

AltaRica language allows describing this type of behaviour by modelling the mode automata. SIMFIA software is used with a graphical interface in order to make modelling easier.

1. Introduction

Les méthodes "classiques" de la Sûreté de Fonctionnement permettent une première évaluation d'indicateurs instantanés ou moyens par l'utilisation de modèles statiques. Ces derniers ne permettent pas de prendre en compte des hypothèses sophistiquées telles que les contraintes environnementales, la gestion des ressources (équipe de maintenance, rechanges, ...), la temporisation des processus, l'impact des défaillances sur les performances, ... La prise en compte de ces hypothèses nécessite une modélisation comportementale du système et ce en décrivant les aspects dynamiques liés à l'occurrence des événements.

Le langage AltaRica data flow permet de décrire ce type de comportement par la modélisation des automates à états finis. L'outil SIMFIA V2 est utilisé comme interface graphique afin de faciliter les travaux de modélisation.

2. Description du système

Des études de ce type ont été réalisées sur différents systèmes de production : une barge de production de type FPSO (FPSO : Floating, Production, Storage and Offloading unit), une installation de dessalement d'eau de mer, un Atelier d'incinération des boues.

Ces différentes études ont permis d'optimiser la production de chaque installation tout en respectant les contraintes environnementales imposées par la réglementation en vigueur.

Sur l'installation de type FPSO, le pétrole brut extrait des puits subit les procédés de traitement permettant la séparation du pétrole (oil), du gaz et de l'eau qui sont exportés ou réinjectés dans les puits.

Lors des pannes sur les installations, le maintien de la production de pétrole induit l'envoi à la torche d'une partie du gaz produit. Cependant, les débits de gaz envoyé à la torche doivent tenir compte de limitations liées aux contraintes environnementales. Ces quantités sont limitées et impactent donc fortement la disponibilité de l'installation.

L'étude réalisée a donc permis d'estimer la disponibilité de l'installation et la production attendue tout en intégrant l'aspect environnement.

3. Méthodologie

La figure suivante présente les étapes nécessaires à la réalisation du modèle dynamique.

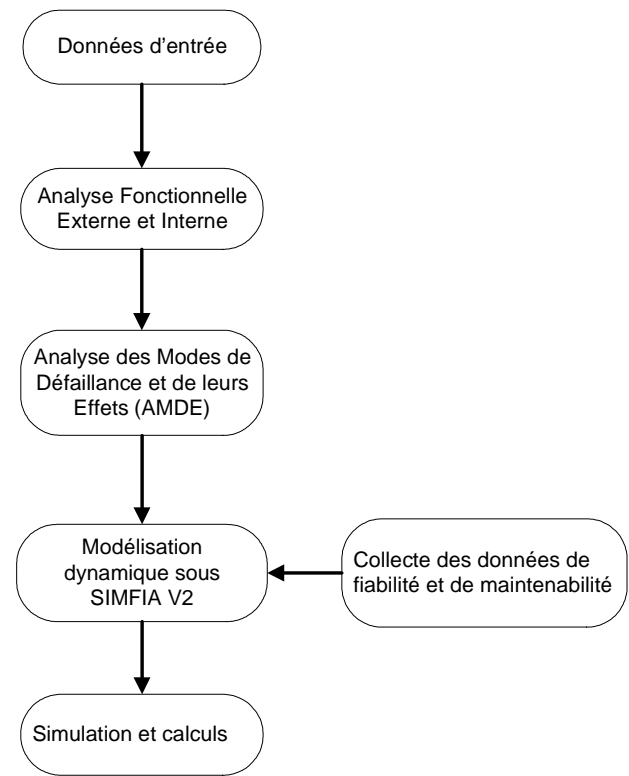


FIG. 1- Méthodologie

3.1. Analyse Fonctionnelle

En partant de la documentation d'ingénierie, les schémas décrivant le process (PFD : Process Flow Diagram, UFD : Utility Flow Diagram et PID : Piping and Instrument Diagram) ont permis la réalisation d'une Analyse Fonctionnelle Externe et Interne. Cette dernière décrit les différents flux et interactions entre les composants sous forme de blocs diagrammes.

Cette étape est primordiale pour la compréhension du process et du fonctionnement de l'installation, ainsi que pour préparer les étapes suivantes.

3.2 Analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets (AMDE)

Afin d'identifier tous les équipements dont les défaillances mènent à une perte de production, une Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) a été réalisée.

A chaque défaillance sont associés les pourcentages de perte de production d'huile, de gaz export et de réinjection, ainsi que la quantité de gaz envoyée à la torche pour chaque cas.

3.3 Données de fiabilité et de maintenabilité

Les données de fiabilité et de maintenabilité proviennent soit :

- de données exploitant,
- de bases de données (ex. OREDA),
- de données fournisseurs.

En fonction des équipements, diverses lois de probabilités sont prises en compte (Exponentielle, Dirac, ...)

3.4 Modélisation / simulation et calculs

L'Analyse Fonctionnelle et l'AMDE ont permis d'identifier les causes de perte de production et de quantifier leurs effets. Ces données, ainsi que les différents paramètres de fiabilité et de maintenabilité (taux de défaillance, MTTR, % production d'huile, % production de gaz...), ont été transcrits en langage ALTARICA qui est un langage adapté à la modélisation des process.

Le modèle a permis de prendre en compte les aspects dynamiques liés à l'occurrence d'événements tels que les défaillances, les réparations, la gestion de ressources,...et ce grâce aux automates à états finis.

L'impact des différents événements (défaillances, réparations, ...) sur la production d'huile et de gaz a été modélisés sous SIMFIA V2 qui est l'interface graphique du langage ALTARICA data flow. ALTARICA tool box a été utilisé pour réaliser des simulations stochastiques et calculer les différents résultats attendus du modèle.

4. Objectifs

Ce modèle a permis de :

- Calculer la disponibilité de l'installation en terme de pourcentage de production avec et sans maintenance préventive,
- Déterminer le nombre d'heures de production à 100%, 75%, 50%, 25% et 0%,

- Déterminer le nombre d'arrêts complets (production de pétrole à 0%) et partiels (production de pétrole à 25%, 50% et 75%) par an,
- Déterminer une valeur moyenne annuelle de la quantité de gaz brûlé à la torche,
- Déterminer les plus importants contributeurs aux pertes de production de pétrole (Equipements les plus critiques).

5. Le langage AltaRica

Le projet AltaRica a été lancé en 1998 dans le but de développer un atelier graphique pour la modélisation de systèmes industriels en vue d'études SdF, ainsi que la formalisation des descriptions de l'atelier par un langage textuel et /ou graphique.

Le langage AltaRica est un langage de modélisation issu du projet AltaRica. Il est basé sur le formalisme des automates à contraintes. C'est un langage hiérarchique, où presque toutes les constructions syntaxiques ont une représentation graphique analogue.

Une série d'expériences ont montré que le langage AltaRica est très approprié pour la description d'un grand nombre de systèmes. Bien qu'AltaRica soit principalement consacré aux études de fiabilité et de sécurité, c'est un langage de description objet. Il généralise les formalismes de description les plus utilisés tels que les réseaux de Petri, ou les diagrammes blocs.

Le modèle des composants AltaRica est événementiel i.e. les changements des états sont uniquement provoqués par des occurrences d'événements (actions). L'occurrence d'un événement modifie uniquement l'état, les flux sont mis à jour de manière instantanée en fonction du nouvel état.

Le modèle AltaRica intègre la notion de priorités (statique). Le concept de priorité est un mécanisme pour l'ordonnancement d'activités dans les systèmes concurrents. Il consiste à définir une relation d'ordre sur les actions du système et si dans un état donné deux actions sont possibles alors la plus grande pour l'ordre est choisie (la plus prioritaire).

6. Exemples de mécanismes modélisés

L'utilisation du langage Altarica permet de modéliser des systèmes dynamiques dont les caractéristiques évoluent dans le temps (défaillances, réparations, temporisations,...). La prise en compte de ces événements (qui sont aléatoires ou déterministes) n'aurait pas été possible avec les modèles statiques.

Les mécanismes de modélisations traités dans les paragraphes suivants sont basés sur des cas concrets et visent à mettre en évidence la richesse du langage AltaRica ainsi que la puissance de la modélisation dynamique à couvrir et représenter des comportements très fins et très sophistiqués tels que :

- La prise en compte des événements temporisés s'écoulant selon des délais nuls (événements instantanés) ou positifs (durée d'une maintenance préventive, délais de réapprovisionnement des stocks, délais de basculement pour une redondance froide ou une reconfiguration, ...),
- Le partage des ressources (unicité de l'équipe de maintenance, stock limité, ...),
- La prise en compte des modes communs de défaillance,
- La prise en compte de la notion de priorité (lors des défaillances multiples les réparations peuvent être effectuées selon un ordre de priorité basé sur la criticité des pannes d'un point de vue performance ou sécurité)
- La prise en compte de certaines contraintes telles que les contraintes environnementales (limitations liées aux phénomènes de radiation, ...) ou organisationnelles (non présence de l'équipe de maintenance sur le site, ...),
- Le conditionnement des événements par les valeurs prises par les flux d'entrée
- Prise en compte de l'impact réel des défaillances sur une production et ce en considérant des flux entiers ou réels (quantité produite, pourcentage de production,...)
- Calcul de la contribution d'un sous-système aux pertes de production (durée totale d'indisponibilité, quantité de production perdue suite aux défaillances du sous-système considéré)
- ...

6.1 Modélisation d'un turbocompresseur

L'exemple suivant couvre la majorité des mécanismes cités plus haut (transitions temporisées, cause commune de défaillance, transitions synchronisées, événements conditionnés par les flux d'entrée, ...).

6.1.1 Environnement de modélisation sous SIMFIA

Le modèle fonctionnel et dysfonctionnel a été réalisé en utilisant le logiciel de modélisation "SIMFIA" qui est utilisé comme interface graphique du langage Altarica data flow.

SIMFIA offre un ensemble d'outils graphiques pour faciliter la modélisation, le code AltaRica est ensuite généré automatiquement puis utilisé pour effectuer des traitements tels que la simulation pas à pas (interactive), la génération de séquences ou la simulation stochastique.

Les deux figures suivantes décrivent l'environnement de modélisation sous SIMFIA.

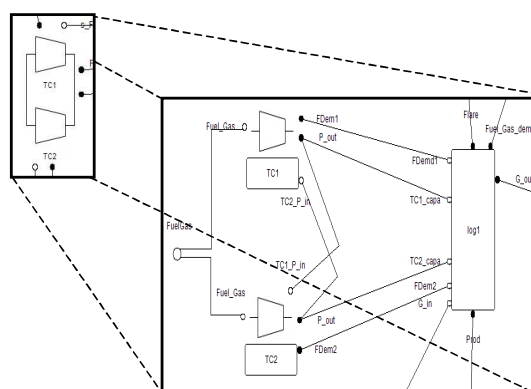


FIG. 2- Décomposition hiérarchique du sous système de compression

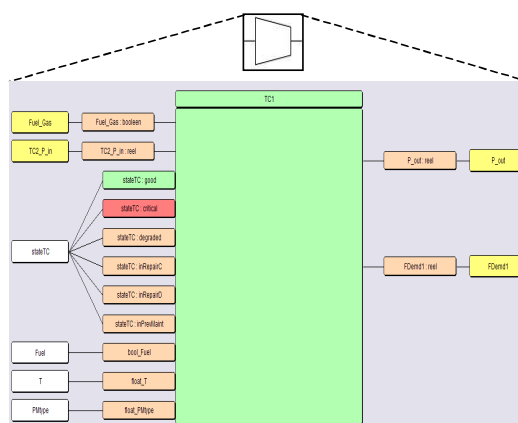


FIG. 3- Variables d'état, flux d'entrée et flux de sortie du turbocompresseur

6.1.2 Evénements

Des événements aléatoires ou déterministes se produisent durant la vie du système, ces derniers se traduisent par le changement d'état du composant. Les événements associés au turbocompresseur sont donnés ci-dessous :

- Défaillance critique suivant une loi exponentielle de paramètre λ_c
- Réparation après défaillance critique suivant une loi exponentielle de paramètre μ_c
- Réalisation des opérations de maintenance préventive
- ...

6.1.3 Automate à états finis du turbocompresseur

La figure suivante décrit l'automate à états finis associé au turbocompresseur.

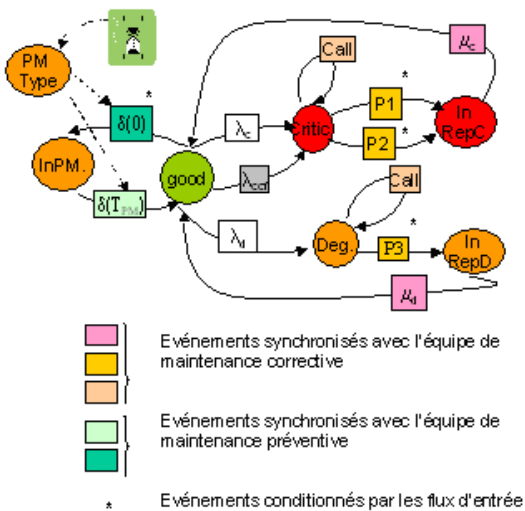


FIG. 4- automate à états finis associé au turbocompresseur

6.2 Synchronisation

Deux transitions ne peuvent pas être exécutées simultanément, une synchronisation consiste à contraindre un ensemble d'événements à se produire simultanément.

Les synchronisations permettent de modéliser les causes communes de défaillances. Le code AltaRica suivant décrit la synchronisation de la défaillance simultanée des deux turbocompresseurs due à une cause commune.

sync

```
<tc_ccf,TC1.ccf,TC2.ccf>;
```

6.3 Priorités

En cas de défaillances multiples, les composants sont réparés selon leur ordre de priorité. Cet ordre de priorité peut être défini en fonction de la criticité de la défaillance d'un point de vue performance ou sécurité.

Le code AltaRica suivant décrit la priorité de réparer les pannes critiques avant les pannes dégradées :

```
priority <event tcc1_askteamC> =1;
priority <event tcc1_askteamD> =2;
```

6.4 Contraintes environnementales

Les débits de gaz envoyé à la torche doivent tenir compte de limitations liées d'une part aux phénomènes de radiation sur la plate-forme, d'autre part aux contraintes environnementales limitant les quantités autorisées de gaz envoyé à la torche. Le modèle réalisé prend en compte toutes ces contraintes :

- Réduction de la production dans certains cas (défaillances multiples, certaines opérations de maintenance préventive,...) afin de ne pas dépasser la radiation thermique maximale autour de la torche.
- Dès que la quantité (de gaz brûlé à la torche) annuelle autorisée est atteinte, la production est réduite et seule la torche de sécurité est autorisée.

7. Simulation stochastique

La simulation de Monte Carlo est une méthode visant à calculer une valeur numérique en utilisant des procédés aléatoires.

Des points d'observations sont définis, ces derniers correspondent aux flux dont on veut estimer la valeur numérique.

8. Références

[1] Gérald POINT, AltaRica : Contribution à l'unification des méthodes formelles de la sûreté de fonctionnement, Thèse présentée à l'université de Bordeaux, 2000.

9. Conclusion

Les systèmes deviennent de plus en plus complexes et les industriels exigent des plus en plus des modèles d'être le plus proche possible de la réalité du système.

Jusque là, avec les modèles statiques les ingénieurs étaient contraints à ignorer certaines caractéristiques du système qui traduisaient des comportements dynamiques par la prise en compte d'hypothèses simplificatrices telles que la disponibilité de toutes les ressources de maintenance (équipes de maintenance, outillage, pièces de rechanges, ...) à tout instant et sans délais.

L'utilisation du langage AltaRica permet de modéliser des systèmes dynamiques dont les caractéristiques évoluent dans le temps (défaillances, réparations, ...).

Par ailleurs, la prise en compte simultanée de phénomènes déterministes (planification de tâches préventives, durées d'exécution de processus) et de phénomènes aléatoires (défaillances, risques endogènes et exogènes) montre que la performance du système en terme de productivité suit une véritable loi de dispersion dont il est important de maîtriser les caractéristiques, afin de prévoir et mesurer les niveaux de risque consentis.

Le développement et la diffusion de ces techniques de modélisation et de simulation permettront de conduire au plus près ces simulations virtuelles comportementales qui, jointes à des traitements quantitatifs rigoureux, fourniront une connaissance à la fois précise et globale de tous les degrés de libertés associées aux trajectoires d'évolution opérationnelle des systèmes.