
INTRODUCTION GENERALE

Contexte

Durant les trois dernières décennies, les systèmes de production ont subi des changements notables qui ont modifié leurs modes de gestion. Cette gestion est devenue un problème, qui consiste à gérer de façon intégrée les différentes fonctions du système, et ceci de façon à maximiser ses performances en fonction des objectifs établis [Habchi ,2001].

Un système de production est constitué d'un ensemble de processus visant à produire des éléments. Ces processus sont composés d'un ensemble de phases de production, correspondante chacune à une activité ou à un ensemble d'activités, permettant de transformer les éléments dans le processus de production [Toshic, 2006]. Avant, le but d'un système de production était limité à exécuter une séquence de processus pour produire un seul type de produit. Actuellement, le besoin d'offrir une variété de produits, avec une qualité optimale et dans un cycle de production très court, a augmenté les exigences du système de production pour supporter l'exécution parallèle de ses processus.

L'impératif de cette exécution, a conduit à une augmentation de la complexité des systèmes de production, ce qui a entraîné un problème de fiabilité et de sûreté de fonctionnement. Le but est donc d'élaborer des procédures de supervision et de diagnostic au dessus de la couche de commande du système de production, en vue de garantir les objectifs de sécurité, de synchronisation, de fiabilité et de disponibilité.

Un autre facteur de complexité des systèmes de production est qu'ils sont considérés comme des systèmes à événements discrets (DES). Ces systèmes sont composés d'un ensemble d'éléments indépendants, dont l'évolution dynamique est dirigée par des événements asynchrones, qui apparaissent dans un intervalle fini de temps, provoquant une transition discrète de l'état du système. Cette classe de systèmes présente certaines caractéristiques comme le parallélisme, la synchronisation, et les conflits,...etc, dues au manque de dépendances de temps en plus des séquences d'événements qui ne sont pas prédéfinies à l'avance [Toshic, 2006]. Et comme les systèmes de production sont des systèmes à événements discrets, ils exigent dans ce cas une stratégie de supervision très complexe [Ramadge, 1987].

La supervision des systèmes de production peut être définie comme une suite d'opérations qui a pour objet de détecter et de localiser les défauts et les modes de fonctionnement anormaux et de les diagnostiquer ou les éviter [Kechida, 2005]. Partant d'une spécification de la structure et du comportement du système physique et des objectifs à atteindre, un superviseur de contrôle pour un système de production consiste à spécifier une stratégie de supervision. Il doit être capable d'autoriser, d'inhiber et de synchroniser les opérations du système de production en suivant l'occurrence des événements dans le système physique.

Le coût de test des différentes structures et stratégies de supervision sur le processus de production réel, rend indispensable le passage par une étape de conception d'un superviseur de contrôle pour ces systèmes. Cette conception est basée sur l'utilisation de modèles, qui doivent présenter la structure et le comportement des systèmes à superviser et permettre l'analyse de leurs propriétés. Pour cela, la modélisation de la partie physique (partie opérative) de ces systèmes doit être effectuée au préalable.

Les formalismes les plus connus pour la modélisation des DES, sont les automates d'états finis, les réseaux de Petri, la logique temporelle etc. Plusieurs recherches ont été entreprises dans ce domaine. La technologie multi-agents a été utilisée pour le contrôle des systèmes de production distribués [Kis, 1996], l'approche utilise des agents intelligents pour la modélisation du système. La coordination et la coopération entre ces agents sont réalisées via un mécanisme de passage de messages en vue de la supervision du système. UML et le modèle de checking sont utilisés dans [Flake, 2002], l'approche consiste à modéliser le système de production par UML et vérifier ses propriétés par le modèle de checking. Les réseaux de Petri représentent le formalisme le plus utilisé pour les DES, ils sont alors utilisés pour la modélisation des systèmes de production [Uzam, 2006] et convertis à une méthodologie basée sur la logique de passage des jetons (TPLL) afin d'assurer la supervision du système. Les automates d'états finis sont utilisés pour concevoir un superviseur de contrôle pour un système de production [Quedraogo, 2006], la conception est basée sur la théorie de supervision (SCT) proposée par Ramadge et Wonham. Ainsi, les réseaux de Petri temporisés sont appliqués pour modéliser et vérifier des systèmes de production en vue de leur supervision [Gradisar, 2007].

Objectifs

En pratique dans la modélisation des systèmes à événements discrets, ces techniques formelles souffrent du problème d'explosion d'états, c'est-à-dire le nombre d'états grandit de façon exponentielle avec la taille du système à modéliser. Il est alors nécessaire d'avoir recours aux approches modulaires, qui consistent à identifier les modules ou les composants d'un

système, en modéliser chacun séparément, pour faciliter la conception de ces systèmes qualifiés de complexes et les rendre plus compréhensibles. Pour cela plusieurs chercheurs ont préconisé un changement de paradigme vers l'orienté objet [Bordbar, 2000]. Dans ce cadre, UML est le langage standard de modélisation le plus utilisé. C'est un langage visuel de modélisation d'une application, qui aide le concepteur durant le cycle de vie de conception, depuis la description fournie par les utilisateurs ou les experts vers le logiciel final. Dans [Bordbar, 2000], le travail présenté a proposé une méthode de conception manuelle d'un contrôleur à événements discrets vérifiable pour un processus de production. Cette méthode est basée sur UML pour la modélisation statique et sur les réseaux de Petri pour la modélisation dynamique et la vérification des propriétés; une simulation de la méthode a été réalisée par Matlab. En se basant sur ce travail nous proposons une approche de conception automatique d'un superviseur de contrôle pour un processus de production distribué. Cette conception est basée sur la modélisation par UML, et la vérification des propriétés par les réseaux de Petri.

Malgré son succès en étant un langage de modélisation, UML souffre du manque de capacité de vérification et d'analyse [Zhao, 2004]. Beaucoup de modèles ne peuvent réellement être vérifiés en détail, en particulier s'ils sont utilisés pour décrire des systèmes complexes et distribués. Par contre, les réseaux de Petri sont un modèle à événement discret [Ramadge, 1987]. Leur théorie permet d'analyser les caractéristiques des DES telle que la synchronisation, la concurrence, les conflits, le partage de ressources, les blocages..etc. Dans ce cas, nous signalons clairement que les transformations entre UML et les réseaux de Petri sont significatives pour l'analyse et la vérification du modèle UML.

Il s'agit dans notre approche de conception, d'une part de modéliser la structure et le comportement d'un processus de production distribué, ainsi que d'effectuer une vérification complète de ses propriétés. D'autre part notre approche permet la génération d'un graphe présentant l'enchaînement des activités à suivre afin d'assurer la sûreté de fonctionnement de ce processus. Le passage de la modélisation par UML vers le formalisme réseau de Petri est assuré par une technique de transformation de graphes.

Structure du document

Pour pouvoir procéder à une conception automatique d'un superviseur de contrôle pour un processus de production distribué, il nous faut choisir un outil de modélisation UML. Il nous faudra également choisir un outil de transformation de graphes et un autre pour vérifier les propriétés du système. Ces outils sont nécessaires puisque notre contribution concerne la modélisation de la partie opérative (partie physique) d'un processus de production, puis la

modélisation comportementale du processus, ensuite la vérification des propriétés comportementales et la génération d'un graphe d'enchaînement des activités selon une stratégie de supervision.

Pour obtenir une transformation plus générale s'approchant entre UML et les réseaux de Petri, nous avons fait des recherches sur la transformation au niveau méta-modèle. Et pour atteindre un processus de transformation automatique et correct, nous utilisons alors des grammaires de transformation de graphes.

L'outil choisit pour cela est ATOM³ ; car il permet de supporter la multi-modélisation et les transformations de graphes en se basant sur une grammaire. Il est alors nécessaire dans ce cas, de comprendre comment cet outil génère automatiquement des modèles UML, et les transforme vers leur équivalent réseau de Petri.

Pour avoir une vérification complète et automatique des propriétés du modèle réseau de Petri généré, il nous faut choisir un outil adapté pour ce formalisme. L'outil le plus utilisé et le plus maîtrisé est INA .Une autre motivation pour le choix de cet outil, est qu'il nous offre une possibilité, d'illustration du fonctionnement du superviseur de contrôle par un graphe généré automatiquement.

Pour cela ce mémoire est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre, est un état de l'art présentant une étude des systèmes à évènements discrets tout en abordant les systèmes de production. Une attention particulière est portée à la modélisation et la vérification des systèmes de production distribués en vue de concevoir un superviseur de contrôle pour ces systèmes.

Une étude progressive de notre approche de conception du superviseur de contrôle est présentée dans le deuxième chapitre, qui consiste à étudier en détail les étapes de cette conception.

Le troisième chapitre est une étude de cas, où une application de notre approche sur deux exemples de processus de production distribués est procédée. Le premier exemple est une chaîne d'emballage des produits et le deuxième est une chaîne d'embouteillage de l'eau minérale.

La dernière partie, conclut le mémoire et résume ce que nous avons réalisé dans notre contribution ainsi que les travaux futurs, inspirés de l'approche proposée.