

PLANIFICATION EN LIGNE POUR LES SYSTÈMES PRODUCTION DISTRIBUEE : UNE APPROACHE PAR LES SYSTEMES HOLONIQUES

Edgar CHACÓN,

Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería
La Hechicera. Mérida Venezuela
echacon@ula.ve

Juan CARDILLO

Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería
La Hechicera. Mérida Venezuela
ijuan@ula.ve

Rafael CHACÓN

Janus Sistemas
Mérida – Venezuela
rafael@janussistemas.com

Germán ZAPATA

Universidad Nacional
Facultad de Minas
Medellín Colombia
gdzpata@unal.edu.co

RESUME: *L'automatisation de systèmes de production complexes a besoin de l'utilisation des différentes techniques de modélisation pour pouvoir arriver à avoir une structure de supervision qui permet manager le système en ligne. Le travail montre comment à partir des modèles élémentaires de la structure physique du système de production et des modèles du comportement, on peut de manière automatique générer des représentations de la globalité du système et établir des mécanismes de gestion des opérations.*

MOTS-CLÉES: *Systèmes Complexes, planification et programmation en ligne de la production, supervision des systèmes.*

1 INTRODUCTION

L'automatisation des systèmes de production ou des systèmes de génération de services fournis par un réseau d'unités interconnectées local ou largement distribuées comme dans le cas des systèmes électriques, les aqueducs, la production pétrolière, etc. est un problème, même si bien connu, encore présent dans les milieux de recherche [Intellicis, 2011] par son importance et la difficulté en trouver des approches pour manager sa complexité dans le processus de prise des décisions.

Généralement, ces systèmes sont désignés et construits avec une certaine capacité supplémentaire, donnée par la présence d'unités additionnelles ou d'unités avec une capacité majeure dans certaines sites, de tel façon que lors de la présence d'une faute dans une unité, le système continue à fournir les produits ou services. Critères de continuité des opérations obligent à prendre des décisions en ligne sans oublier les aspects économiques, pour obtenir la nouvelle configuration que permet continuer avec l'opération. Pour cela il faut avoir des mécanismes pour trouver rapidement une nouvelle configuration à laquelle on peut arriver des l'état actuel, lors de la présence d'une faute ou d'un changement de la demande.

L'approche holonique a été utilisée puisque elle permet d'établir des systèmes autonomes qui coopèrent pour accomplir des objectifs au moment de la production en utilisant des holarchies spécifiques pour cet objectif. On

peut considérer le problème de l'établissement des configurations de production en termes de formation des holarchies dans les systèmes holoniques. En [Fu-Shiung Hsieh, 2008], ils proposent des modèles de collaboration et développent des algorithmes pour guider les holons dans la formation d'une holarchie de façon cohérente. Dans [Fu-Shiung Hsieh, 2009], il est considéré le problème de Composition de Processus Holoniques (HPC) pour synthétiser les processus avec un coût minimal, tout en respectant les contraintes de temps à bord du Système de Manufacture Holonique (HMS). Ce problème est basé sur un modèle hybride dans lequel, le protocole « Contract Net » est adopté comme le protocole de négociation et un réseau de Petri temporisé est utilisé pour analyser l'agenda et les contraintes de ressources. Pour spécifier les coûts des opérations, on augmente le réseau de Petri temporisé avec une fonction de coût. Ça devient un problème d'optimisation formulé pour minimiser le coût, tout en respectant les contraintes de synchronisation basées sur les modèles de réseau de Petri. Une solution pour HPC peut être représentée par un réseau de Petri collaboratif. Les méthodologies comprennent une condition pour vérifier si les contraintes temporelles peuvent être satisfaites, une condition de l'existence d'une solution optimale au problème HPC et un protocole de contrat net pour trouver la solution avec un coût minimal. L'objectif dans [Fu-Shiung Hsieh, 2011] est de proposer un environnement de résolution de problèmes pour la composition des processus de coût mini-

mal dans HMS. Étant donné un type de produit spécifique et la date d'échéance, le problème est celui de composer dynamiquement un processus complet de HMS pour traiter le produit. Pour atteindre l'objectif, on combine la technologie de systèmes multi-agents avec les réseaux de Petri. Il est proposé tout d'abord une architecture et un protocole « contrat net » de deux couches pour décrire la négociation entre les holons ordre, les holons produit et les holons ressources dans le HMS

D'une façon similaire, dans le cas de production continue, pour soutenir la production, il est nécessaire le monitoring de l'opération, des équipements, des changes dans la demande et des entrées pour pouvoir établir d'une façon rapide une nouvelle configuration qui équilibre la génération totale avec les changes qui ont apparus dans la demande ou fautes dans le système. La nouvelle configuration doit être optimale, même si cela implique passer par plusieurs configurations intermédiaires avant d'arriver à la configuration finale.

La recherche de la configuration optimale implique la connaissance en temps-réel de l'état de chaque composant du système pour pouvoir déterminer dans les configurations possibles, celle qui soit l'optimale dans une vision multicritère : coût, fiabilité. De telle manière, une configuration est donnée par l'agrégation des composants qui fournit le produit avec un coût minimal et une fiabilité acceptable. Le calcul de la configuration optimale correspond à la phase de planification et, elle est basée sur les conditions réelles des composants. L'information relative aux conditions réelles des composants doit être mise-à-jour pour que l'évaluation soit correcte, et que pour la configuration choisie, il peut être possible l'obtenir à partir de l'état initial (présent). Un superviseur doit être généré, et il sera qui guidera la suite de changements pour arriver à la configuration désirée et la maintenir jusqu'à la fin de l'opération ou l'apparition d'un événement qui déclenche la recherche d'une nouvelle configuration. Les changements peuvent être modélisés au moyen d'un Système à Événements Discrets (DES), et le superviseur généré dans le sens Ramadge-Wonham [Ramadge, P.J.G. and Wonham, W.M., 1989, Cassandras, C.G. and Lafortune, S., 2008].

Le but de ce travail est celui de présenter comment, au moyen de la composition des modèles élémentaires de « produit » et de la connexion entre les composants physiques, on peut bâtir en ligne des modèles globales du processus, qui permettent d'évaluer le comportement total du système et ainsi trouver la configuration idéale à partir d'un instant donné. Le travail est organisé en 4 sections inclus celle-ci; dans la deuxième section on expose le type de systèmes auxquels on s'adresse et comment on fait les modèles élémentaires. La section 3 décrit le processus de composition et dans la section 4 on montre l'architecture d'implantation pour pouvoir lier sur des systèmes largement distribués. Finalement on donne les conclusions.

2 MODÉLISATION DES SYSTÈMES EN RESEAUX

Les systèmes largement distribués ou en réseau ont des caractéristiques que permettent et obligent à l'utilisation des structures d'automatisation indépendantes et avec supervision autonome. Une des caractéristiques est celle de l'interaction entre les unités, laquelle est donnée par le flux de produit. Chaque unité performe des fonctions de transformation, obtention, stockage des produits et les unités ont des ports d'interconnexions. Unités avec la même fonction peuvent coopérer pour s'aider à compléter une fonction.

2.1 Quelques exemples

Pour mieux comprendre ces types de systèmes on va donner quelques exemples.

2.1.1 Systèmes d'exploitation pétrolière

La production pétrolière se fait à partir de la connaissance du gisement que s'obtient au moment de l'exploration. Pour un gisement, il y a des méthodes de production spécifiques et chaque puit est contrôlé d'une façon particulière à partir des caractéristiques du gisement. Ces méthodes sont :

1. La pression de l'eau au dessous du pétrole qui donne au pétrole la pression pour sortir du gisement.
2. La pression du gaz au dessus du pétrole qui le pousse à sortir.
3. Mécanismes pour élever la pression du gisement
4. Différents mécanismes de pompage pour sortir le pétrole.
5. Levée artificielle par gaz.

Le produit obtenu peut être un mélange de pétrole avec du gaz, du pétrole avec d'eau, du pétrole avec du gaz, d'eau et des autres produits. De cette manière, le produit obtenu du puit arrive à une station de séparation (station de flux) où il y a un multiple qui fait l'union de flux de plusieurs puits. Le multiple est à l'entrée d'un séparateur liquide – gaz où on obtient du liquide (pétrole, boue, eau) et du gaz. Dans la station de séparation, un séparateur plus petit est utilisé pour faire test aux différents puits à partir du multiple à l'entrée de la station. Les produits prennent routes différentes, le gaz va aux centres de compression du gaz et les liquides aux centres de stockage ou de séparation du pétrole, de la boue et de l'eau.

Après, il faut faire les traitements de l'eau et la boue et son élimination du système, le pétrole va aux sites de stockage ou centres de raffinassions par différentes voies possibles. La Figure 1 montre le système en réseau pour la production pétrolière.

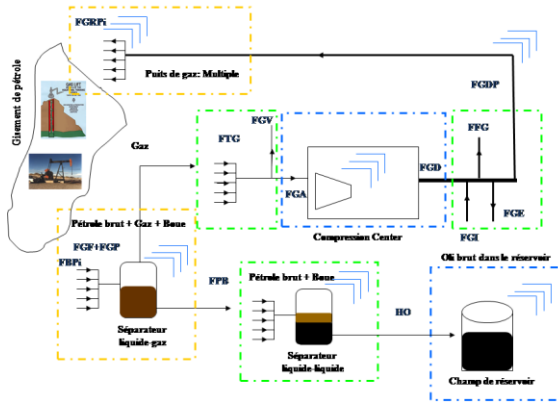


Figure 1: Processus du pétrole

Dans certains cas, le gaz associé à la production est réutilisé pour faire sortir le pétrole, en faisant une injection du gaz pour augmenter la pression du gisement ou dans autres cas on introduit le gaz pour changer la condition du pétrole et qu'il sorte avec le gaz (méthode de « gas-lift »). Ce système est considéré comme un système complexe par le nombre de composants et des interactions entre les composants.

2.1.2 Génération et Distribution Electrique

Dans l'actualité la génération électrique est faite en utilisant différents moyens comme centrales hydroélectriques, thermiques, solaires, nucléaires, éoliques entre autres. Suivant la demande, la quantité doit changer, et quelques centrales doivent changer de niveau opérationnel, s'arrêter ou démarrer pour satisfaire la demande, en gardant les restrictions économiques. Les centrales doivent fournir la quantité nécessaire a un réseau de distribution et une planification des moments où chaque centrale doit changer est mise en place et ajusté en temps réel stricte, puisque la capacité de stockage d'énergie électrique est nulle. Dans la Figure 2, on montre les relations entre les composants du système.

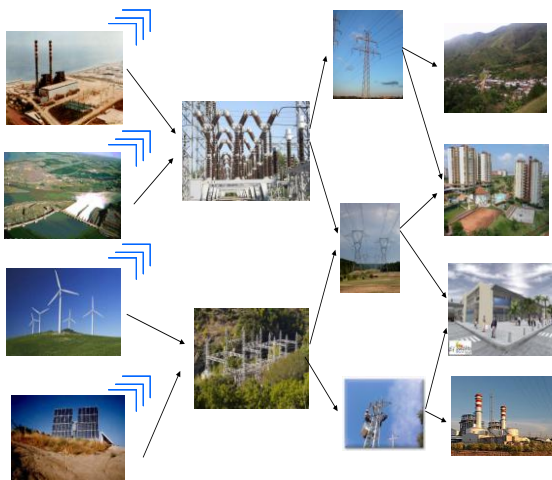


Figure 2 : Système d'énergie électrique

La complexité dans la gestion de l'opération on la trouve autant dans la coordination des systèmes de génération comme dans les processus de distribution. Chaque source d'énergie est composée d'une ou plusieurs unités de génération par site, qui doivent être coordonnées pour pouvoir fournir une quantité au système de distribution à partir d'un accord préalable entre plusieurs sites de génération. La manque d'accomplissement des accords implique une pénalisation économique, et pour cela, chaque site essaie de assurer la charge promise, même si ce n'est pas optimale pour éviter la pénalisation.

2.1.3 Potabilisation/ et distribution d'eau potable

La ressource eau brute est fournie par une source (rivière, puit, barrage-réservoir, étang), d'où est conduite jusqu'à un centre de traitement pour la potabilisation de l'eau. Il est possible que plusieurs sources soient à l'entrée d'un centre de traitement. La qualité de l'eau brute détermine le type de traitement. L'eau potable est transporté jusqu'aux centres de stockage pour sa distribution aux villes, banlieues, usines, etc. Voir Figure 3. Dans certaines régions, il est possible utiliser des camions-citernes pour le transport dans lieux isolés de réseaux de distribution. La gestion est complexe par les besoins de soutenir une pression dans le système de distribution pour que puisse arriver de l'eau a toute la population avec la qualité et quantité requise, éviter que les tanks de stockage passent à vide, avoir suffisamment d'eau traité pour toute la population, faire le captage d'eau brute de façon a diminuer la consommation d'énergie dans le transport et des matières premières dans le processus de potabilisation de l'eau brute.

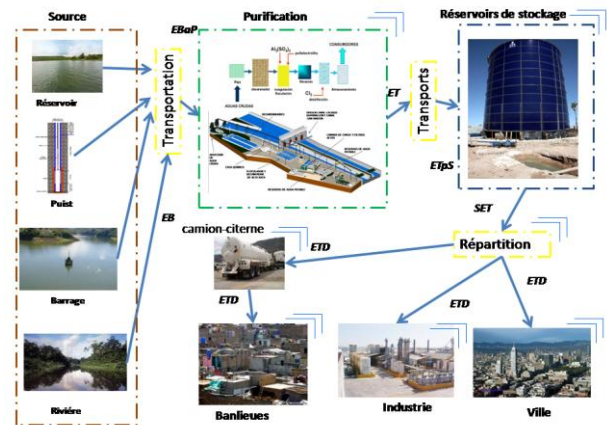


Figure 3 : Traitement et distribution de l'eau

2.2 Modèles élémentaires des composants du système.

Le système est modélisé en composant modèles élémentaires que représentent aux distinctes unités du système d'accord à la fonction qu'elles accomplissent, leur mode d'opération et les connections avec des autres unités. Les principales types d'unités sont : captage de matières

premières (en bleu dans les exemples), transformation des produits (en vert), transport des produits (en jaune) et de stockage des produits. Par autre part il en faut décrire comment on obtient le produit par type d'unité, la durée en chaque étape et les ressources utilisées.

On assume que chaque unité est autonome; c'est-à-dire, elle a l'intelligence pour gérer les objectifs de production, elle connaît ses capacités et les méthodes pour obtenir le produit, elle est capable de se contrôler, faire des tâches de régulation et peut établir des communications avec des autres unités pour négocier des objectifs de production, coordonner l'exécution des activités avec les autres unités, superviser le déroulement des activités et performer les activités physiques nécessaires pour obtenir sa mission. Pour cela, chaque unité a une partie logique et une partie physique (voir le concept d'holon [Koestler Arthur, 1967, Brusel Van et al, 1998]). La partie physique correspond aux ressources de l'unité, et peut être aussi une autre unité. La partie logique est la responsable de faire toutes les procédures de négociation, supervision, coordination, tandis que la partie physique performe les activités de stockage, captage, transformation et transport. La structure de l'Unité est montrée dans la Figure 4. L'Unité de Production Autonome est l'élément central dans le processus de modélisation.

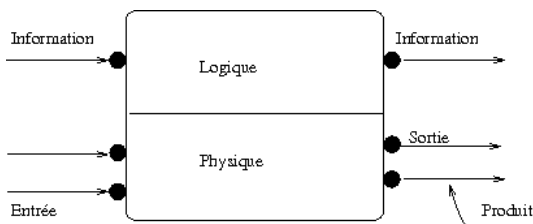


Figure 4: Modèle structurel d'une Unité de Production

Chaque Unité de Production a des ports de communication et des ports de transfert de produits. Chaque port a un produit associé pour une tranche de temps. Deux unités peuvent participer dans une production si elles ont des ports de transfert qui sont connectés et le produit transféré est le même. Cette propriété est utilisée pour bâtir l'ensemble des configurations possibles. Les Unités de Production ont la capacité de donner des informations à ses voisins relatives à son état, comme la quantité et qualité de produits que peuvent fournir à un moment donné pour un objectif demandé et la fiabilité d'accomplissement de l'objectif. Dans son intérieur elle évalue l'objectif en utilisant la connaissance qu'elle a sur la méthode associée au dit objectif et de la capacité disponible des ses ressources.

2.2.1 Définition des configurations possibles

Une configuration est possible, si les Unités qui ont la capacité de réaliser une fonction nécessaire pour obtenir l'objectif global, elles ont des ports de transfert connectés. Après avoir la description de chaque Unité de Production on doit avoir les énumérations des connections.

Pour l'exemple de la Figure 5 a), l'énumération des connections est U1:p1 ->U2:p2 et U1:p1->U3:p3 et pour 5 b) U4:p1->U6:p3 et U5:p2->U6:p3.

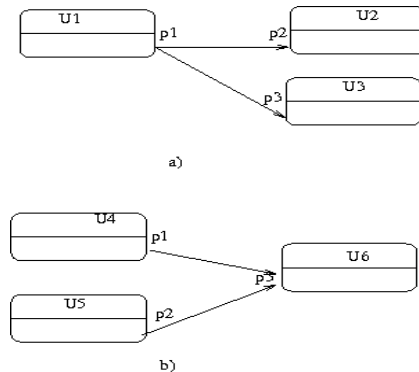


Figure 5 : Connections entre Unités de Production

2.2.2 Modélisation de la dynamique

Les modèles pour l'obtention d'un produit utilisent une description similaire à la proposée par ISA-88 [ISA, 1995] et ISA-95 [ISA, 2000], chaque Unité a la description des étapes nécessaires pour l'obtention du produit, et pour chaque étape, la transformation faite, les ressources nécessaires (Ressources non intelligentes ou des Unités) et les produits d'entrée. Les modèles utilisés sont montrés en [Chacón Edgar et al, 2008b]. Dans le cas d'une production type batch, un produit est obtenu à la fin de l'étape et cela implique rendre le produit pour une postérieure étape. Voir Figure 6.

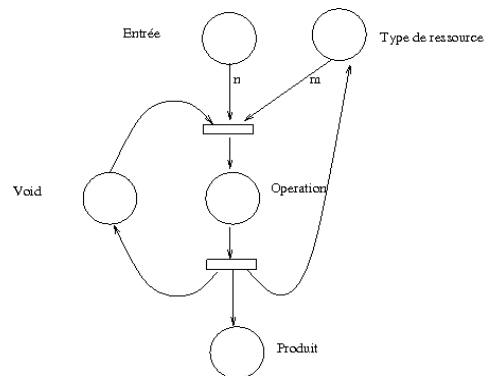


Figure 6 : Modèle de production batch pour une étape dans une Unité de Production

Dans le cas des systèmes de Production Continue, le produit à la sortie de l'Unité de Production se fait pendant l'opération est en marche. Le réseau de Petri utilisé est celui montré dans la Figure 7.

Une Unité peut obtenir son produit en une ou plusieurs étapes, mais lors de son interaction avec des autres Unités de Production, on considère que le comportement est équivalent à une étape. On ne montre pas ici le cas de plusieurs produits obtenus dans la même opération, mais

il est similaire aux montrés dans la figure 7. Il se peut qu'il existe un retard dans le moment où le deuxième produit est disponible.

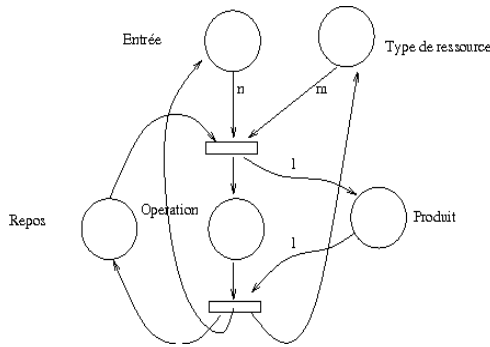


Figure 7 : Modèle de production en continue dans une Unité de Production

La séquence des opérations est associée au flux des produits, et de cette manière on peut obtenir une description de la suite d'opérations nécessaires pour obtenir le produit internement dans un type d'Unité de Production et aussi entre types d'Unités de Production. La Figure 8 montre comment on bâte le réseau de Petri pour une méthode de production.

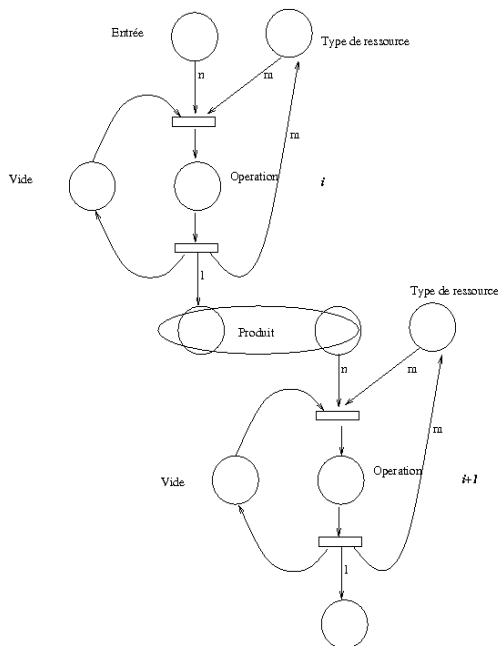


Figure 8 : Composition de processus en production batch

Dans un système de production continu le produit de l'étape précédente doit être présent pendant toute l'opération est il va être libéré lors de la finalisation de l'opération. La Figure 9 montre comment on construit la composition des séquences d'opérations.

2.2.3 Composition de modèle structurelle avec le modèle dynamique.

Pour générer le réseau de Petri qui montre l'ensemble de configurations possibles, on prend en compte les connexions entre les Unités de Production. Le modèle de produit décrit le type de ressource Unité de Production et on sélectionne les configurations où le flux de produits est possible. Pour l'exemple de la Figure 5 a) on obtient la Figure 10.

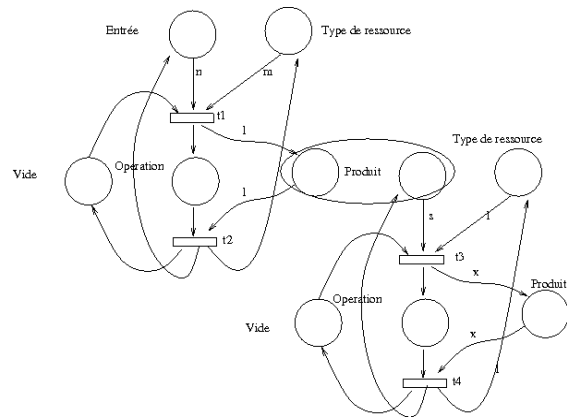


Figure 9 : Composition en production continue

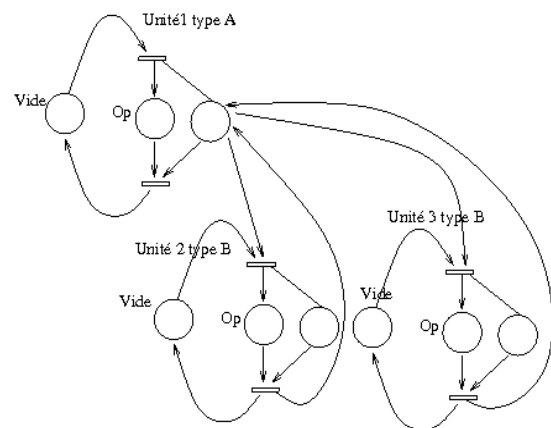


Figure 10 : Composition du modèle structurelle avec le modèle dynamique.

3 GENERATION AUTOMATIQUE DES MODELES EN RESEAU DE PETRI.

En considérant chaque Unité de Production (UdP) comme un holon, chaque Unité a la connaissance de sa capacité, la façon d'accomplir sa mission et l'état des ressources nécessaires pour amener à bon terme la mission [Brussel Van et al, 1998], elle use des modèles de produit et la connectivité des ressources pour obtenir le réseau de Petri pour les différentes configurations possibles. En suite, elle ajoute les jetons et les poids aux arcs pour une tranche de temps en prenant en compte la

capacité disponible des ressources pour la tranche de temps. Un holon est une ressource, et dans ce cas, l'information de l'état de la ressource et comme elle assure sa mission est connue par la ressource, de telle manière que l'Unité de Production demande à la ressource la possibilité d'accomplir avec la partie du travail qui lui correspond [Chacon Edgar et all, 2008b]. Voir Figure 11 sur le modèle en UML utilisé. Une Unité de Production qu'a des ressources qui lui appartient, on la définit comme une Unité de Production Basique; ces Unités de Production ont ses propres structures d'information et de communications pour la partie logique.

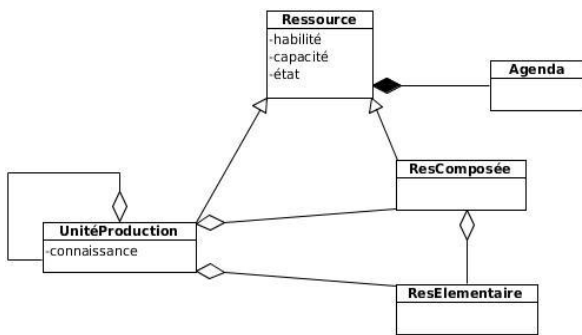


Figure 11 : Structure holonique de l'Unité de Production.

En dehors des Unités de Production Basiques (UPB), on définit des Unités de Production Temporelles (UPT) composées d'autres Unités de Production, que apparaissent pour une configuration donnée. Ces UPTs ont la même structure fonctionnelle, mais elles sont créées en utilisant ressources informatiques centralisées.

L'ensemble des fonctions associées à l'automatisation des processus va faire use des différents modèles élémentaires décrits auparavant. Ces fonctions sont :

- planification – ordonnancement de la production, génération de la stratégie de la supervision – coordination entre Unités, le séquençage des changements entre les Unités pour arriver à la configuration désiré ;
- supervision – coordination. Etablissement des actions pour pouvoir synchroniser l'exécution des systèmes en parallèle ou de démarrage du suivant lorsqu'ils sont en séquence.
- re-ordonnancement lors de troubles dans l'exécution. Lorsqu'une faute est détecté, le système fait les évaluations nécessaires pour résoudre internement ou signaler qu'on abandonne la tâche pour que l'UdP externe relance les tâches de planification.

3.1 Génération du Plan

Lors de la réception d'une demande de mission par une UdP, l'UdP évalue la faisabilité de la même et performe une optimisation en sélectionnant la configuration optimale pour la mission, pour cela, l'UdP exécute la procédure suivante :

- Génération de l'arborescence de couverture.
 - Retrouver le modèle de produit.
 - Génération de la structure du réseau de Petri en incorporant les UdPs qui ont des connections entre elles.
 - Solliciter à chaque ressource la quantité de produits que puisse fournir (On peut avoir plusieurs tranches de travail). Dans le cas où les ressources ne soient pas intelligentes, l'UdP a l'information nécessaire.
 - Mètre les poids aux arcs d'accord à l'information reçue des ressources qui peuvent participer pour la tranche de temps. Dans le cas de pouvoir fournir distinctes quantités, générer les transitions supplémentaires.
 - Générer l'Arborescence de Couverture.
- Sélection de la solution optimale.
 - Sur l'arborescence on assigne à chaque nœud valeurs associées à la durée de la tâche. Ces valeurs son extraites du modèle de produit.
 - On analyse pour chaque nœud si l'ensemble des ressources pour la tranche de temps associé au nœud est valable. Si non, on ignore la branche que suit. On marque les nœuds qui accomplissent l'état d'opération désirée.
 - pour toutes les branches acceptées, on sélectionne celle qui a les meilleures valeurs pour arriver à la marcation voulue.
 - On génère les points de synchronisation.
- Génération des paramètres de supervision
Pour chaque étape, il existe un ensemble des paramètres spécifiques pour accomplir la tâche. Ses paramètres sont récupérés et envoyés au système de contrôle.

La Figure 12 montre le réseau de Petri utilisé à ce stage du processus.

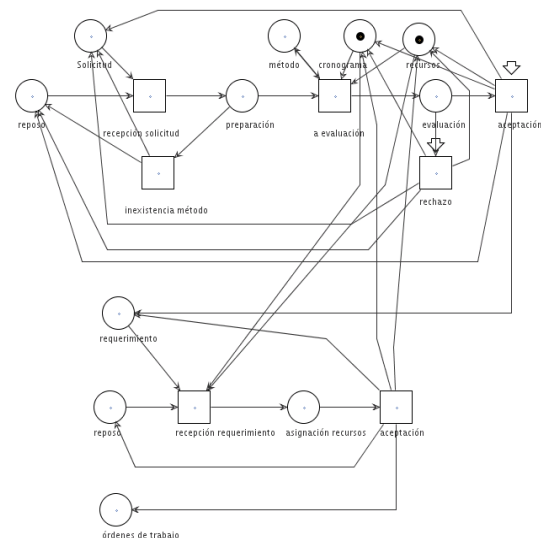


Figure 12 : Le processus de planification.

3.2 Supervision de l'exécution de la mission

Chaque UdP transforme l'objectif de production défini en planification dans un ensemble d'activités qui vont être supervisées pour déterminer son avancement. Pour chaque activité, il faut définir l'ensemble des événements non contrôlés : a) Les associés à l'avancement du processus et b) les possibles défaillances dans les ressources ou de modélisation du système continu. Un détecteur d'événements fait le monitoring des ressources et du processus pour signaler son apparition. A ce moment, on fait l'actualisation de l'état du processus et on détermine l'ensemble d'actions à prendre. La procédure est :

- a) Faire une évaluation des possibilités de changement de la configuration interne dans l'UdP
 - a. s'il est possible d'établir la nouvelle configuration, générer le nouveau superviseur et continuer la tâche.
 - b. Si non, envoyer au superviseur de la configuration actuelle une demande de re-planification.

Les composants de l'architecture utilisée en supervision locale, se montrent dans la Figure 13, laquelle est modifié de celle proposée en [Zapata, 2011].

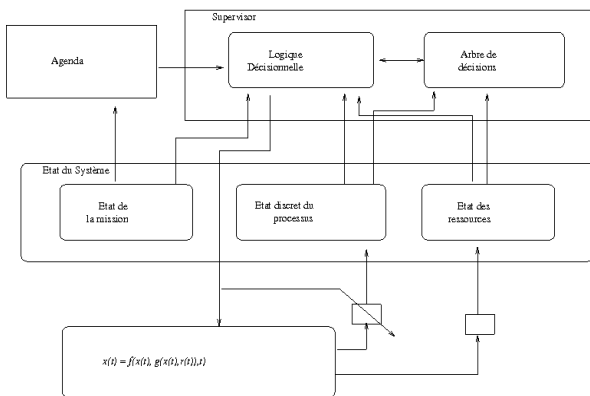


Figure 13 : Le Superviseur d'exécution pour une Unité de Production

Dans la Figure 14 se montre le réseau de Petri utilisé pour faire le suivi de l'opération dans le cas de ressources qui travaillent parallèlement. Pour chaque produit auquel l'UdP a la capacité d'en produire, elle a le schéma de supervision locale que lui permet faire le monitoring et la supervision du même.

4. SCHEMA D'IMPLANTATION

Dans l'implantation, chaque UdP basique possède un dispositif de commande avec les capacités suivantes :

- a) Communication avec la salle de contrôle pour pouvoir établir des objectifs communs avec des autres UdPs et réaliser les tâches de coordination.

- b) Pouvoir de calcul pour faire des tâches de supervision locale et de régulation des équipements physiques.
- c) Mémoire pour garder les différents algorithmes de contrôle local.

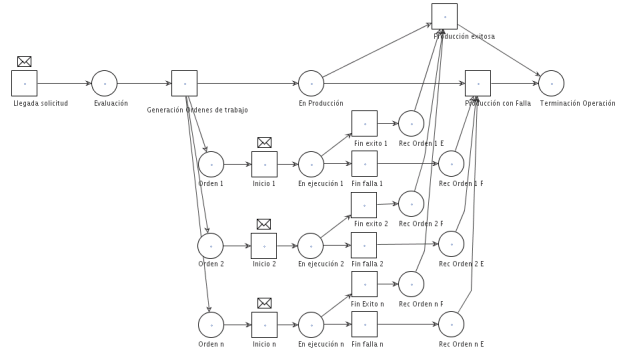


Figure 14: Mécanisme de supervision pour plusieurs ressources travaillant en parallèle

Dans les centres de contrôle, on a les capacités de réaliser les tâches de supervision et de maintenir l'information de chaque UdP basique pour pouvoir faire les activités de planification et coordination et de créer UdP temporelles lorsqu'il soit nécessaire.

4.1 Partie Logique de L'UdP.

4.1.1 Algorithmes du Superviseur.

Les UdPs ont la capacité de garder les procédures pour : planifier et superviser ses ressources et aussi faire le monitoring de l'exécution de la production. La description du « workflow », qui manage le processus à l'intérieur de l'UdP et les interactions avec les autres UdP, est chargée dans l'UdP, et un moteur reconnaît les pas du « workflow » et contrôle le flux.

Une UdP reçoit des sollicitudes d'autre UdP réelle ou temporaire au quelle elle appartient ou d'une similaire, alors elle consulte son agenda et celles de ses ressources. Après, elle fait une évaluation de la faisabilité comme est décrit dans la sub-section 3.1 ; dans une procédure similaire au Protocole de Réseau de Contrats. Le résultat de l'évaluation indique si l'UdP accepte ou rejette la sollicitude. Une fois que la sollicitude est acceptée, on attend pour les signaux de synchronisation pour l'exécution.

4.1.2 L'agenda

Chaque UdP a sa propre agenda, et elle garde l'information de les mission acceptées. Pour les ressources non intelligents, leur agenda est gérée par l'UdP que les contient.

4.1.3 Le système de communications avec les UdPs de l'holarchie.

Les événements extérieurs à l'UdP sont reçus par le système de communications et envoyés au superviseur qui déclenche le « workflow » associé, de la même manière,

lors d'un événement qu'est déterminé à être envoyé à l'extérieur, le système de communications sait à qui est adressé et l'envoi.

4.2 Partie physique

Les ressources non intelligentes appartiennent à une UdP. L'UdP a l'ensemble de schémas de commande pour chaque activité ou région d'opération ; chaque loi de commande doit être paramétrée, et aussi, l'UdP a l'ensemble des événements que peuvent apparaître comme des événements internes et ceux qui peuvent venir de l'extérieur de l'UdP. Dans le cas où chaque ressource a son propre contrôleur, la communication entre le superviseur et le contrôleur permet suivre le processus pour l'aboutir au résultat attendu. [Altamiranda et al 1995].

4.1.2 Architecture distribué du système informatique.

La Figure 15 montre l'architecture du système d'implantation. Il y a deux niveaux principaux. Le niveau le plus bas correspond au contrôleur des ressources basiques et la partie logique décrite dans la sub-section 4.1. On garde la même architecture que celle utilisée dans les applications SCADA classiques.

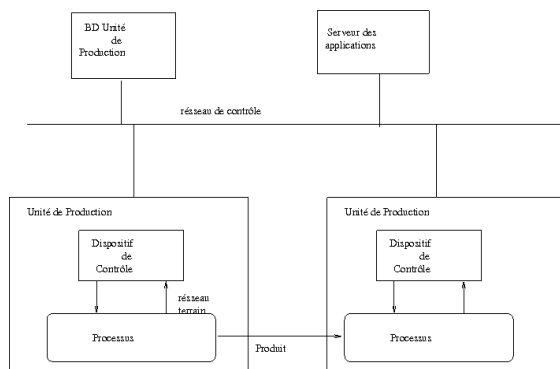


Figure 15 : Architecture d'implantation

Le deuxième niveau est placé dans les centres de commande. On place la partie logique des UdPs composées des UdPs basiques et aussi les UdPs temporelles faites pour une configuration donnée. Dans ce cas, on garde la même structure logique pour en faire la supervision, tandis que les algorithmes pour la création de l'UdP temporaire sont communs pour tous les types de missions possibles connues par le système de production global.

5. CONCLUSIONS

On a montré que l'intégration des trois étapes : ordonnancement, supervision et re-ordonnancement est faisable de faire avec l'utilisation des modèles simples de produit et la description des connections entre les différentes unités de l'organisation. On utilise la même description pour les trois étapes et cela simplifie la procédure d'implantation.

L'aspect clé pour arriver à obtenir la composition des modèles est la représentation de la dynamique discrète du modèle de produit et l'autonomie des Unités de Production décrites comme des holons. L'autonomie permet aux UdPs connaître ses capacités et de négocier avec des autres UdPs sa capacité disponible pour accomplir une tâche. Dans le cas de systèmes de production continue, il est impératif de pouvoir faire une discrétisation par régions d'opérations du comportement du processus, et avoir le détecteur d'événements. La procédure a été prouvée dans des systèmes de manufacture et validé au moyen des simulations dans un système de gestion électrique. La modélisation du système comprend les aspects continus du système basés sur les concepts de Systemes Hybrides.

Comme travaux futures, il faut établir un « framework » qui permet de généraliser l'implémentation en différentes plateformes cibles au niveau « shop floor ».

REMERCIEMENTS

Plusieurs des algorithmes utilisés para le système ont été développés par Janus Sistemas. L'utilisation du système dans le cas de procédés continus a été faite comme part de la thèse doctorale de German Zapata. Le développement du « framework » fait partie du projet ECOS-Nord France – Venezuela et CDCHT – ULA.

REFERENCES

- Altamiranda Edmary, Torres Horacio, Colina Eliezer, Chacón Edgar, 2002 Supervisory control design based on hybrid systems and fuzzy events detection. Application to an oxichlorination reactor. ISA Transactions 41 pages 485–499
- Cassandras, C.G. and Lafortune, S, 2008, Introduction to Discrete Event Systems, Springer, New York.
- Chacón Edgar, Cardillo Juan, Chacón, Rafael, Rojas Oscar, Gutiérrez, Demián, 2008a “Metodología para la Automatización Integrada de Procesos de Producción Basada en el enfoque Holónico”, Congreso Latinoamericano de Automatización y Control y Congreso Venezolano de Automatización y Control, XIII CLCA, VI CAC, Noviembre.
- Chacon Edgar, Cardillo Juan, Besembel Isabel, Rivero Dulce, 2008b, *THE HOLONIC PRODUCTION UNIT: AN APPROACH FOR AN ARCHITECTURE OF EMBEDDED PRODUCTION PROCESS*, Advances in Robotics, Automation and Control, Chapter, InTECH, ISSN 978-953-7619-16-9.
- Chacon Edgar, Cardillo Juan, Zapata German, Chacon Rafael 2011, Online production Scheduling and re-scheduling in autonomous, intelligent distributed environments Chapter, InTECH, ISSN. December
- Dolgui A. and M.-A. Ould Louly, 2000. An Inventory Control Model for MRP Parameterization. *Second Conference IFAC on Management and Control of*

Production and Logistics (MCPL'2000), Grenoble, France, vol. 3, p. 1001-1006.

- Fu-Shiung Hsie, 2008, Hierarchy formation and optimization in holonic manufacturing systems with contract net, *Automatica*, 2008, 44, 4, pages 959--970, April.
- Fu-Shiung Hsieh, 2009, Dynamic composition of holonic processes to satisfy timing constraints with minimal costs, *Engineering, Applications of Artificial Intelligence, Volume 22, Issue 7, October, Pages 1117-1126*
- Fu-Shiung Hsieh, Chih Yi Chiang, 2011, Collaborative composition of processes in holonic manufacturing systems *Computers in Industry, Volume 62, Issue 1, January 2011, Pages 51-64*
- Intellicis <http://www.intellicis.eu/>, 2011.
- ISA 1995, ANSI/ISA-88.01-1995 Batch Control Part 1: Models and terminology. ISA
- ISA 2000, ANSI/ISA-95.00.01-2000, Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology. ISA.
- Janus Sistemas, 2005 C.A. www.janussistemas.com,
- Jie Zhang and Liang Gao and T. S. Chan Felix and Peigen Li, 2003, A holonic architecture of the concurrent integrated process planning system, *Journal of Materials Processing Technology*, vol 139, number 1 - 3, pages 267- 272, August.
- Koestler Arthur, 1967, *The Ghost in the machine*, Arkana Paris.
- Moody, J. O. and Antsaklis, P. J , 1988, *Supervisory Control of Discrete Event Systems using Petri Nets*, Kluwer Academic Publishers, Boston / Dordrecht / London.
- McHugh P. and Merli G. and Wheeler W. A , 1995, *Beyond Business Process Reengineering: Towards the Holonic Enterprise*, John Wiley, 1995, New York.
- Murata T., 1989, Petri Net: Properties, analysis, and applications, *Proceedings of the IEEE*, vol 77, number 4, pages 541 – 580.
- Ramadge, P.J.G. and Wonham, W.M., 1989, The control of discrete event systems, *Proceedings of the IEEE*, vol 77, pages 81-98.
- Van Brussel, H. and Wyns, J. and Valckenaers, P. and Bongaerts, L. and Peeters, P., 1998, *Reference Architecture for Holonic Manufacturing Systems: PROSA*, *Computers in Industry - Elsevier*, vol 37, Pages 255 – 274.
- Zapata Germán, 2011 *Propuesta para la Planificación, Programación, supervisión y Control de la Producción en Procesos Continuos Desde la Teoría del Control Supervisorio y el Enfoque Holónico*, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, PhD Dissertation.
- Zapata Germán, Chacón Edgar, Palacio Juan, 2011, *Advances in Petri net theory and applications* (Chapter), *Intelligent production systems reconfiguration by means of Petri nets and the supervisory control theory*, InTech.