



Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID: 10467

To cite this version:

Memon, Muhammad Ali and Archimède, Bernard and Letouzey, Agnès
*Planification des activités de transport d'une entreprise 3PL par une
approche multi-agent.* (2013) In: CIGI 2013, 12 June 0213 - 14 June 2013
(La Rochelle, France)

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository
administrator: staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

Planification des activités de transport d'une entreprise 3PL par une approche multi-agent

MUHAMMAD ALI MEMON¹, BERNARD ARCHIMEDE², AGNÈS LETOUZEY³

University of Toulouse, INP-ENIT, 47 Avenue d'Azereix, BP1629,
F-65016 Tarbes Cedex,

¹Muhammad-Ali.Memon@enit.fr ²Bernard.Archimede@enit.fr ³Agnes.Letouzey@enit.fr

Résumé - La répartition et l'éloignement des sites de production d'entreprises en réseau, l'éloignement et la multiplicité des centres de distribution ou l'explosion du commerce en ligne ont entraîné une augmentation croissante du nombre de demandes de transport dans le monde. Cette augmentation du volume de transports de biens et de marchandises, ajoutée au nombre croissant de déplacements de passagers a conduit à une augmentation du nombre de moyens de transport (véhicules, avions, bateaux, etc.) avec pour conséquence une augmentation de la capacité des voies de communication arrivées à saturation (autoroutes, lignes aériennes, voies de navigation), un élargissement des zones de stockage (ports, aéroports, entrepôts, etc.) et une augmentation de la pollution impactant durablement l'environnement. Dans ce contexte, l'organisation, la gestion et la planification des transports, devenues cruciales, ont favorisé l'apparition de nombreuses sociétés spécialisées (3PL) proposant une mutualisation des moyens de transport et une gestion centralisée. L'objectif de cet article est de présenter une architecture distribuée de planification des activités de transport visant à mieux utiliser les ressources de transport par le regroupement en fonction du contexte de planification de plusieurs ordres de transport.

Abstract - Today enterprises are organized in network of several distributed production sites in a geographical area more and more extended, where sites use the intermediary products of other sites to manufacture the final products. Therefore they transport raw materials and intermediate products between plants for manufacturing. Additionally these enterprises have to distribute their final products to far away consumers. In this context, it is difficult and not cost effective for these enterprises to manage their own transport vehicles. Thus they outsource their transportation tasks to third party logistics enterprises. These enterprises group transport orders of multiple enterprises together in order to reduce cost and travels number. The objective of this paper is to present a distributed architecture planning of transportation activities aimed at better utilize transport resources by grouping several orders of transport for each effective displacement .

Mots clés - Chaines Logistique et distribution, Systèmes coopératifs, planification de transport collaborative, Modélisation/simulation.

Keywords - Distributed Scheduling, Multi-Agent Systems, Collaborative Transportation Planning, Third Party Logistics

1 INTRODUCTION

La mondialisation des marchés et la recherche de profits ont conduit à la délocalisation des entreprises de fabrication dans des pays émergents ou à faible coût de main-d'œuvre. Aussi, la production est de nos jours répartie sur plusieurs sites de fabrication qui sont le plus souvent très éloignés des centres de distribution. Les affaires croissent constamment et n'ont aujourd'hui plus de limites géographiques. Tout ceci entraîne une augmentation du nombre et de la fréquence des transports dans le monde ainsi qu'une augmentation de la durée moyenne des trajets. Les coûts de transport sont croissants en raison de l'augmentation régulière du prix du pétrole. Ces coûts sont devenus une préoccupation majeure pour les industries, car cela augmente le coût des matières premières qu'ils achètent ainsi que celui de la distribution des produits aux consommateurs.

L'impact des coûts de transport sur les produits ne permettent pas en général aux entreprises d'atteindre des clients lointains et de gérer leurs propres ressources de transport (véhicules,

bateaux, avions, etc.). Le souci de réduction du coût du transport a favorisé l'émergence des nouvelles sociétés tierces spécialisées dans la logistique et les transports, appelées communément dans le domaine 3PL (Third Party Logistics). Ces 3PLs mutualisent les moyens d'exploitation, d'entreposage et de transport entre plusieurs entreprises. Elles prennent en charge la totalité du processus de transport, du chargement des produits des dépôts des fournisseurs jusqu'à la distribution des marchandises aux clients.

L'accroissement du nombre de transports, la diversité du domaine d'activités des entreprises clientes, l'éloignement des entreprises de production et de distribution et l'étendue du réseau de transport rendent très compliquées la gestion et la planification d'un 3PL qui, pour satisfaire sa clientèle et améliorer les performances des chaînes logistiques doit gérer ses propres moyens et le plus souvent collaborer avec d'autres entreprises 2PL (transporteurs) et 3PL.

Le travail présenté dans cet article s'intéresse à la planification par une entreprise 3PL de manière distribuée des activités de transport résultant des demandes de transport de plusieurs clients. L'objectif est d'évaluer l'aptitude du POVES(Path Finder, Order, Vehicle, Environment et Superviseur) framework pour la planification de transport. Après un état de

l'art sur les dernières recherches concernant la planification des transport nous décrivons le modèle nouveau modèle POVES et son application sur un cas d'étude. Nous concluons enfin sur les perspectives de ce travail.

2 ETAT DE L'ART

Plusieurs approches ont été utilisées pour résoudre le problème de planification de transport.

Dans [Sauer et Appelrath, 2000], les auteurs proposent une approche centralisée avec un ordonnanceur global, planifiant les activités de transports. Ils modélisent le problème par un 5-tuplet (R, P, O, SC, SC), où R désigne l'ensemble des ressources requises, P l'ensemble des produits, O l'ensemble des commandes réelles, et HC et SC les ensembles des contraintes dures et souples respectivement. Ils utilisent une approche basée sur des règles et des heuristiques permettant de produire plusieurs stratégies d'ordonnancement. Cette approche se limite à la planification des activités de transport d'une seule entreprise. Aujourd'hui, la taille énorme des réseaux de transport requiert, pour réaliser un plan de transport rentable, la collaboration de nombreuses des entreprises. Ces entreprises le plus souvent, souhaitent conserver une certaine confidentialité de leur organisation, leurs modèles, leurs méthodes et leurs données. La nécessité de la confidentialité limite l'intérêt des approches centralisées.

[Baykasoglu et Kaplanoglu, 2011] ont proposé une approche multi-agents afin de résoudre de manière collaborative le problème de transport. Cette approche est basée sur la coopération entre des agents "ordre de transport (TO)" et des agents "véhicules", permettant ainsi de regrouper plusieurs TO en même temps dans un véhicule. Les agents communiquent les uns avec les autres afin de choisir le moyen le plus économique de transporter TO. Dans cette approche, l'agent TO est tenu d'accepter la proposition d'un agent véhicule, qui fournit une livraison sans escale entre l'origine et la destination. Cependant, dans la réalité, compte tenu de la taille énorme du réseau de transport, un véhicule transporte rarement un seul TO. Un TO nécessite le plus souvent plusieurs véhicules.

[Sprenger et Monch, 2011] ont proposé un système multi-agents pour la planification coopérative de transports. Le système décompose le problème global de transport en sous-problèmes et les résout sur une base autonome par l'approche "Ant Colony Optimization". Ce travail n'explique ni la méthode de décomposition ni l'effet de la décomposition sur le problème global de transport. De plus, il ne considère pas les questions de confidentialité entre les fabricants ni la possibilité de transporter plusieurs TO en même temps dans le même véhicule.

[Zegordi et Nia, 2009] étudient l'ordonnancement du transport et de la production en considérant plusieurs approvisionnements (multiple-sourcing) dans un problème à deux étapes de planification de la chaîne logistique. Le premier niveau est composé de nombreux fournisseurs situés dans des zones géographiques variées. Dans la deuxième étape, les véhicules transportent des TO auprès des fournisseurs d'une entreprise manufacturière. Cette planification des transports est basée sur un algorithme génétique. L'entreprise de fabrication divise TO entre plusieurs fournisseurs en fonction de quotas. Ensuite, chaque fournisseur transporte son quota de matières premières à l'entreprise de fabrication, qui réalise un assemblage de toutes les matières premières reçues. Les

fournisseurs situés dans une même zone géographique peuvent transporter leurs matières premières à l'entreprise de fabrication en partageant des véhicules. Cette approche est une approche centralisée posant ainsi le problème de la confidentialité des données. En outre, en raison des conditions économiques critiques, il n'est pas acceptable que les véhicules retournent à vide chez les fournisseurs.

[Takoudjou, R. et al, 2012] proposent une approche multi-heuristique pour traiter problème de transport avec transbordement. Leur méthodologie est décomposée en quatre étapes. Dans la première étape, ils résolvent le PDP (Pick-up and Delivery Problem) sans transbordement. Dans la deuxième étape, ils essaient d'optimiser la solution de PDP avec la méthode du VND (Variable Neighborhood Descent) en utilisant un Path Relinking. Dans la troisième étape, ils calculent une solution au PDPT (PDP avec transbordement) et la comparent avec la solution du PDP et gardent la meilleure. L'ensemble de la procédure est répété pour un nombre d'itérations fini.

Ce travail fait l'hypothèse que le nombre de véhicules n'est pas fixé au départ et, si aucun véhicule ne peut satisfaire une demande en raison d'une non-conformité avec les contraintes (capacité du véhicule, fenêtres de temps, etc), un nouvel itinéraire est créé avec un nouveau véhicule afin de prendre en compte la demande considérée. Toutefois, dans notre travail, nous considérons que nombre de ressources (véhicules) est fini et fixé. Ainsi, si un véhicule ne peut pas satisfaire la demande, cette demande doit attendre jusqu'au retour du véhicule ou l'arrivée d'un autre véhicule pouvant satisfaire la demande. Cette méthode calcule en premier lieu une solution au PDP sans transbordement, puis l'optimise et enfin la détruit pour obtenir une solution au PDPT. Cela peut se révéler très long à calculer. Dans notre méthode, nous essayons de trouver une solution PDP, si nous n'avons trouvé aucune solution de PDP, alors nous calculons solution PDPT. Il est inutile de calculer solution PDPT pour une requête, si elle peut être transportée sans transbordement. Il est possible que les résultats des deux méthodes soient similaires. Mais cette méthode est beaucoup plus longue que la nôtre.

Un cadre de simulation est présenté par [Sprenger et Mönch, 2008], pour évaluer la performance de la planification des transports coopératifs et la planification des transports isolés. [Hülsmann et al, 2009] ont introduit des systèmes de groupage, qui sont définis comme des systèmes de logistique inter-organisation, échangeant les informations requises et gérant l'équilibre entre les besoins et la capacité des différents transporteurs indépendants. [Mes et coll, 2010] étudient l'interaction entre les stratégies des agents intelligents pour la planification du transport en temps réel. Une approche multi-agents théorique sur la planification des transports dynamique est donnée dans [Kozlak et al, 2004].

3 MODELE MULTI-AGENTS POVES

3.1 Description du modèle

Le modèle multi-agents POVES (Figure 1) a été développé pour planifier des activités de transports de manière collaborative. Il est hérité du modèle multi-agents SCEP [Archimède et Coudert, 2001], [Xu et al, 2012]. Les limitations du modèle SCEP pour la planification des transports ont été détaillées dans [Memon et Archimède 2013]. Le modèle POVES introduit une coopération indirecte entre les deux communautés d'agents, la communauté des agents d'ordre de transport (TO) et la communauté des agents véhicule appelée

(V). Chaque agent TO gère un ordre de transport, de la logistique d'une entreprise (IPL). Chaque agent véhicule gère un véhicule de l'organisation.

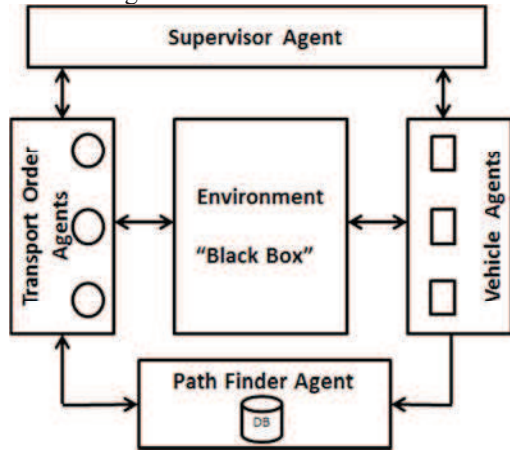


Figure 1. Modèle POVES

Un agent de support "Path Finder" élabore pour chaque ordre de transport l'itinéraire entre les lieux de chargement et de livraison. La coopération entre les agents TO et les agents véhicule est effectuée de manière synchrone dans l'environnement E. Le fonctionnement du modèle est contrôlé par l'agent Superviseur S. Le fonctionnement détaillé et la dynamique du modèle sont introduits dans la section suivante.

3.2 Dynamique du modèle

Dans ce modèle, les activités de transport sont associées à des voyages élémentaires réalisés par les véhicules. Une activité de transport (TA) est un voyage sans escale à partir du lieu de chargement jusqu'à un lieu de déchargement. Toutefois, la planification des transports nécessite la définition de toutes les TA séquentielles nécessaires entre l'origine et la destination de chaque ordre de transport. Cet ensemble de TA séquentielles est important pour chaque agent ordre afin d'évaluer l'itinéraire prévu. D'autre part, les véhicules nécessitent le plus souvent le regroupement de plusieurs ordres en fonction de leur capacité maximale de chargement.

Avant de commencer le processus de planification, tous les agents TO sont invités par l'agent superviseur à communiquer avec l'agent Path Finder afin d'obtenir leurs chemin dans le réseau de transport de leur propres lieu du chargement et lieu du livraison. A partir du graphe du réseau de transport et des informations sur les TA des véhicules de l'entreprise 3PL stockés dans sa base de données, l'agent Path Finder élabore l'itinéraire de voyage de chaque ordre de transport géré. Ce trajet est un sous-graphe du graphe de réseau de transport global, où chaque arc correspond à une TA réalisée par un véhicule. Les agents TO envoient à l'environnement des tâches, qui représentent les différentes demandes de réalisation des activités par un véhicule. Une tâche est simplement l'exécution d'une TA.

Chaque tâche dans l'environnement est associée à une TA, qui peut être réalisée par plusieurs agents véhicule. L'ensemble des tâches relatives au chemin suivi par un agent TO constitue son domaine d'intervention. Deux ordres peuvent avoir des tâches qui nécessitent la même TA. Ces deux tâches peuvent être regroupées pour être effectuée par le véhicule en même temps, à condition que ces deux tâches se situent dans un intervalle de temps proche et que la somme de leurs charges soit inférieure ou égale à la capacité du véhicule.

En parfaite corrélation avec la définition du modèle, chaque tâche ne concerne qu'un seul agent TO. Mais certaines TA

peuvent appartenir aux domaines d'intervention de plusieurs agents véhicule, parce que plusieurs véhicules peuvent réaliser le même TA. Le format de la position de la tâche A est [(S, F), N], où (S, F) représente un intervalle temporel continu entre une date de début S et une date finale F, et N représente le nom du véhicule exécutant la tâche A. Chaque tâche possède quatre positions, la position souhaitée (WP), la position effective (EP), la position potentielle (PP), et la position confirmée (CP). La WP est la position demandée par l'agent TO. La EP est calculée lors de la planification de toutes les tâches associées aux propositions collectées à partir de l'environnement. La PP résulte de la planification d'une tâche associée à une proposition collectée à partir de l'environnement. La CP est la proposition finale après tout le processus de planification.

En début de planification, l'agent superviseur crée les agents (agents TO et agents véhicule), initialise l'environnement et génère les tâches. Ensuite, l'agent superviseur déclenche le processus de coopération en activant les agents TO et faisant attendre les agents véhicule. Les agents TO commencent par demander les EP et PP des tâches associées à l'environnement. L'environnement renvoie les résultats (bien sûr, le résultat est nul dans le premier cycle). Les agents TO planifient les opérations qui n'ont pas été validées, et influencent les tâches associées en soumettant des WP. Si la WP d'une tâche est équivalente aux EP et PP, les agents TO confirme le placement. Enfin, les agents TO envoient les CP et WP des tâches associées à l'environnement. Chaque agent effectue ses actions simultanément, mais reste indépendamment des autres. Il informe l'agent superviseur une fois que ses actions seront terminées.

Une fois que, la fin de l'action du dernier agent TO a été enregistrée par l'environnement, l'agent superviseur active les agents véhicule et met les agents TO en attente. Chaque agent véhicule demande tout d'abord à l'environnement les CP et WP des tâches relevant de son domaine d'intervention. L'environnement renvoie les résultats, les agents véhicules enregistrent les CP et planifient les tâches qui ne sont pas définitivement positionnées. Ils influencent ces tâches par d'autres EP et PP qu'ils proposent à l'environnement. Chaque agent véhicule effectue ses actions de manière indépendante et informe l'agent superviseur dès que ses actions sont finies. Lorsque la fin de l'action du dernier agent véhicule est enregistrée, l'agent superviseur termine le cycle de coopération et commence le cycle suivant immédiatement. Lors de chaque cycle (sauf le premier), au moins une tâche doit être confirmée afin d'éviter tout problème de blocage (Figure 2).

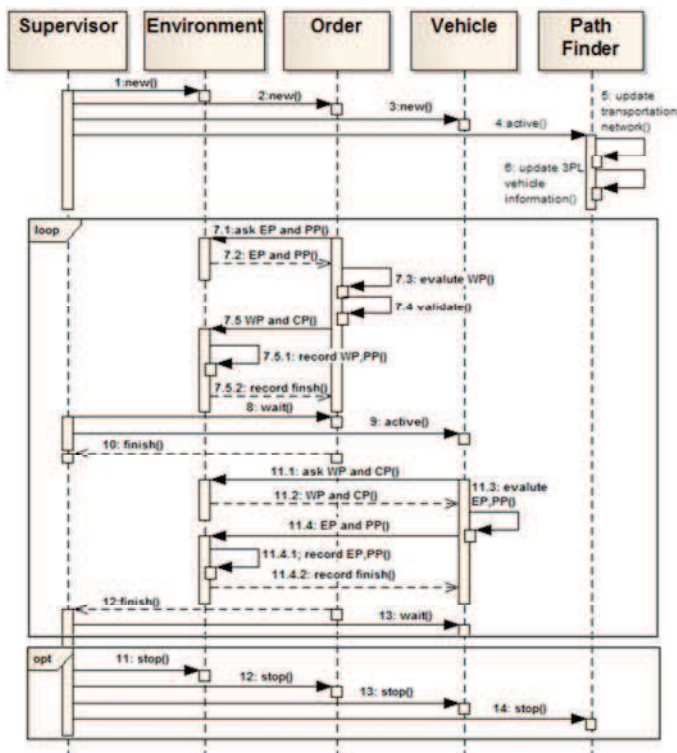


Figure 2. Diagramme de séquence du modèle POVES

A chaque cycle, le choix du meilleur chemin dans le sous-graphe est réalisé par les agents TO en fonction de critères qui peuvent être la plus courte distance, livraison le plus tôt ou le coût minimum pour atteindre le lieu de livraison. A chaque cycle, des agents véhicule groupent les tâches de transport en fonction de disponibilité, du nombre de produits à transporter. La Figure 2 présente le diagramme de séquence du modèle POVES.

L'alternance entre l'activation des agents TO et des agents véhicule est répétée jusqu'à ce que les CP de l'ensemble des tâches de l'environnement soient fixées. Lorsque toutes les tâches sont confirmées, il n'y a plus de WP demandée par des agents TO. La partie optionnelle du diagramme de séquence (figure 2) est exécuté au processus d'élaboration du plan. Il termine en éliminant et l'agent superviseur mettra fin à l'environnement et aux agents TO et véhicule. L'ensemble du processus de planification est terminé.

4 APPLICATION

4.1 Description du cas d'étude

Nous considérons l'étude d'un cas simple : transporter des produits laitiers des fournisseurs aux supermarchés. Nous nommons cette étude de cas "Food Supply Case Study" (FSCS). Une entreprise 3PL est responsable du transport des produits laitiers. Le réseau de transport est situé dans la région du sud-ouest de la France et comprend 8 sites : Tarbes (TS), Pau (PA), Dax (DA), Auch (UA), Toulouse (TO), Montauban (MO), Marmande (MA) et Bordeaux (BO) (Figure 3). Deux sites sont des sites de fournisseur (TS et BO représentés par des rectangles), trois sites sont des centres de distribution intermédiaires (DA, UA, MO représentés par des triangles) et l'ensemble des huit sites sont clients (représentés par des cercles). Sur le site TS, le fournisseur fournit deux produits (P1 : Yaourt et P2 : Fromage). Le fournisseur basé à BO fournit deux produits (P3 : Lait et P4 : Crème).

L'ensemble de ces quatre produits doit être livré à chaque site client. L'entreprise 3PL utilise les centres de distribution

intermédiaires (IDC) à des fins de transit, pour avoir la possibilité de stocker les produits temporairement. Ils sont réfrigérés et les produits peuvent y être stockés jusqu'à ce qu'ils soient repris par les véhicules de livraison vers une autre IDC ou un supermarché. L'entreprise 3PL gère sa propre flotte de 7 véhicules (V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7), qui sont attribués Emplacements de démarrage par défaut (Loc), Avail (heure de disponibilité de Loc) et MWT (temps d'attente maximal pour une ordre lorsque il est pris en compte par le véhicule) de sa management. Les activités représentent un trajet direct sans escale de l'origine jusqu'à la destination.

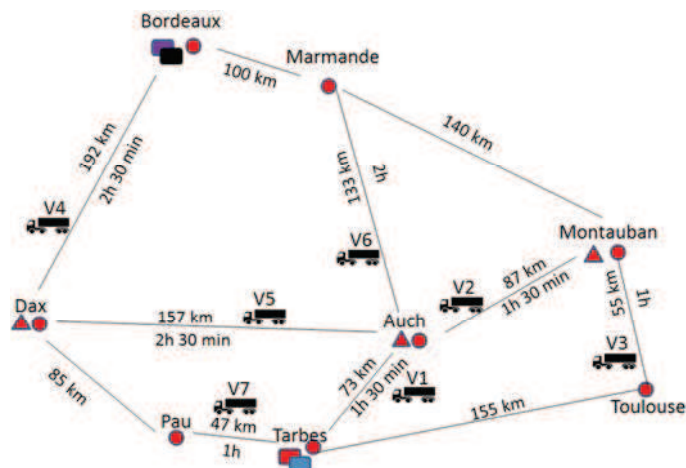


Figure 3. Food Supply Case Study (FSCS)

Par exemple, un trajet direct de Tarbes à Auch est une activité TarbesAuch effectuée par V1 comme indiqué dans le

Tableau 1. Un voyage retour de Auch à Tarbes est une autre activité AuchTarbes effectuée par le même véhicule V1. Un véhicule qui visite seulement deux sites effectue deux activités. Pour un nombre de sites supérieur à 2, le nombre d'activités dépend de l'organisation du réseau.

Dans notre exemple, nous supposons que le nombre de sites visités par chaque véhicule est égal à 2. Chaque véhicule suit la règle "FIFO-CUMUL". FIFO représente le traditionnel «premier entré, premier sorti» : le véhicule à utiliser sera choisi selon la règle FIFO. CUMUL signifie cumulatif, le véhicule peut regrouper plus d'un ordre de livraison en fonction de sa capacité maximale. Les véhicules sont réfrigérés. Ils facturent des prix différents pour le transport, qui est pré-négocié entre les fournisseurs et la gestion des entreprises 3PL.

Chaque véhicule a une capacité propre. Dans le FSCS nous considérons que nous transportons des boîtes standardisées, pour lesquelles nous avons les hypothèses suivantes :

Hypothèse 1: La taille (dimensions, volume) de la boîte est identique quel que soit le produit contenu. Le poids de la boîte est constant.

Hypothèse 2: La quantité de produit à l'intérieur de la boîte sera différente suivant le produit, mais le poids final sera toujours le même.

Hypothèse 3: Le nombre de boîtes dans un véhicule est une constante entière.

Tableau 1. Véhicules 3PL et Activités

Resource	Loc	Capacité	Avail	MWT	Règle	Activité
V1	Tarbes	200	7h	1h	FIFO-CUMUL	TarbesAuch
						AuchTarbes
V2	Auch	100	9h30	1h	FIFO-CUMUL	AuchMontauban
						MontaubanAuch
V3	Montauban	100	12h	1h	FIFO-CUMUL	MontaubanToulouse
						ToulouseMontauban
V4	Bordeaux	200	7h	1h	FIFO-CUMUL	BordeauxDax
						DaxBordeaux
V5	Auch	150	9h30	1h	FIFO-CUMUL	AuchDax
						DaxAuch
V6	Auch	50	9h30	1h	FIFO-CUMUL	AuchMarmande
						MarmandeAuch
V7	Pau	100	7h	1h	FIFO-CUMUL	PauTarbes
						TarbesPau

Pour le réseau du transport, la distance et le temps estimés entre deux sites sont précisés dans le Tableau 4. Le temps de transport entre les deux sites A et B peut varier en fonction de différentes conditions :

1. Si le véhicule est chargé lors du passage de A à B et est vide lors de son retour de B vers A ou l'inverse, alors le véhicule chargé prendra plus de temps à faire le trajet que le véhicule vide.
2. Si véhicule est complètement chargé lors du passage de A à B et est partiellement chargé lors de son retour de B vers A ou l'inverse alors le véhicule complètement chargé se déplace plus lentement que lorsqu'il est partiellement chargé.
3. Si A et B ne sont à la même altitude, alors la route est inclinée et le trajet est plus rapide en descente.
4. Des perturbations (météo, panne, embouteillage) peuvent survenir et allonger le trajet.

Néanmoins, dans cet article, nous ne considérons pas ces variations et le temps de trajet de A vers B sera le même que de B vers A. Les temps de chargement et de déchargement des produits sont inclus dans la durée du voyage.

4.2 Exemple illustratif

Dans notre cas d'étude, nous considérons le portefeuille de 4 ordres de transport (TO) indiqué dans le Tableau 2. Un TO est un ensemble de 9 attributs (O, P, PL, DL, PD, PT, DD, DT et PQ) où O est l'objectif (Moins coûteux, livraison au plus tôt, etc.), P est le produit, PL est le site de chargement du fournisseur, DL est le site de livraison, PD et PT sont la date et l'heure de chargement chez le fournisseur (les produits du TO sont prêts pour le chargement dans les entrepôts du fournisseur), DD et DT sont la date et l'heure de livraison au client (les produits sont chez le client), PQ est la quantité de produit (nombre de boîtes).

Tableau 2. Ordres de Transport (TO)

NO	O	P	PL	DL	PD	PT	DD	DT	PQ
1	Moins Cher	P1	TS	MA	1/1/13	6h	1/1/13	19h	50
2	Moins Cher	P2	TS	TO	1/1/13	7h	1/1/13	20h	50
3	Moins Cher	P3	BO	MA	1/1/13	6h	1/1/13	19h	50
4	Moins Cher	P4	BO	TO	1/1/13	7h30	1/1/13	20h	50

L'agent Path Finder reçoit les PL et DL d'un TO et il élabore les activités élémentaires de voyage (sous-graphe). Le Tableau

3 indique la décomposition des TO en activités élémentaires proposée par l'agent Path Finder. Pour chaque étape d'un TO, un numéro de tâche, l'activité associée, une couleur et une estimation de la durée (tirée du Tableau 4) sont attribués. Une couleur différente est affectée à chaque activité élémentaire afin de distinguer des activités similaires : une même couleur identifie des activités qui peuvent être regroupées. Par exemple la première tâche de TO1 et TO2 correspondent à la même activité "TarbesAuch" et peuvent probablement être effectuées en même temps par le même véhicule.

Tableau 3. Activités élémentaires des 4 TO

TO	Gamme	Tâche	Activité	Couleur	Heure
1	1	1	TarbesAuch	Red	1h30
		2	AuchMarmande	Green	2h
2	2	1	TarbesAuch	Red	1h30
		2	AuchMontauban	Yellow	1h30
		3	MontaubanToulouse	Blue	1h
3	3	1	BordeauxDax	Cyan	2h30
		2	DaxAuch	Black	2h30
		3	AuchMarmande	Green	2h
4	4	1	BordeauxDax	Cyan	2h30
		2	DaxAuch	Black	2h30
		3	AuchMontauban	Yellow	1h30
		4	MontaubanToulouse	Blue	1h

Les agents TO réalisent la planification à capacité infinie pour toutes les tâches de tous les TO et génèrent les positions souhaitées (Figure 4, voir la section 3 pour plus de détails). Les positions souhaitées sont envoyées à l'environnement et chaque agent véhicule perçoit les différentes tâches à planifier.

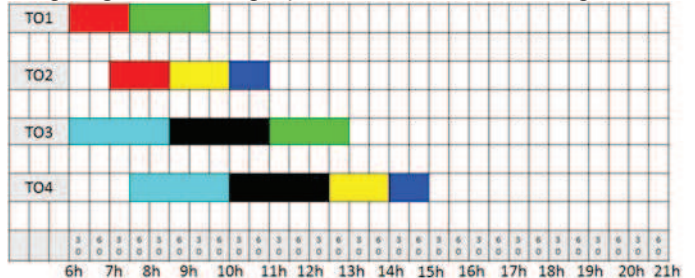


Figure 4. Positions souhaitées.

Les agents véhicule réalisent simultanément une planification à capacité finie pour toutes les tâches perçues compte tenu de leur capacité et de la durée maximale d'attente pour les TO. Pour cela, les agents véhicule extraient les tâches selon l'activité correspondante. Les tâches correspondant à la même activité sont classées dans l'ordre FIFO en tenant compte de la

date de chargement. Les agents véhicule groupent ensuite les différentes tâches selon le temps d'attente maximum et la capacité du véhicule. Si la position actuelle du véhicule est au point d'origine de l'activité concernée, alors le véhicule exécute le trajet de ce groupe de tâches. Si le véhicule n'est pas présent au point d'origine de l'activité, mais est au départ d'une autre activité distante, alors l'agent véhicule exécute d'abord le déplacement de l'activité distante et génère alors le plan de

transport pour l'activité concernée. Empêchant le déplacement à vide de l'activité distante, il regroupe d'abord les tâches de l'activité distante pour la livraison. Les tâches qui ne pouvaient pas faire partie du voyage en raison de la limitation de la capacité du véhicule seront planifiées à son retour à la même activité et pourront alors arriver en retard à leur lieu de livraison.

Tableau 4. Temps et Distance Estimés entre sites de réseaux transports.

Sites	BO	MA	DA	AU	TS	PA	MO	TO
BO	-	-	192km (2h30)	-	-	-	-	-
MA	-	-	-	133km (2h)	-	-	-	-
DA	192km (2h30)	-	-	157km (2h30)	-	-	-	-
AU	-	133km (2h)	192km (2h30)	-	73km (1h30)	-	87km (1h30)	-
TS	-	-	-	73km (1h30)	-	47km (1h)	-	-
PA	-	-	-	-	47km (1h)	-	-	-
MO	-	-	-	73km (1h30)	-	-	-	45km (1h)
TO	-	-	-	-	-	-	45km (1h)	-

Nous pouvons voir sur la Figure 5 le diagramme de Gantt résultant du processus complet de planification calculé par le système "POVES" pour tous les TO, avec pour objectif de minimiser les coûts.

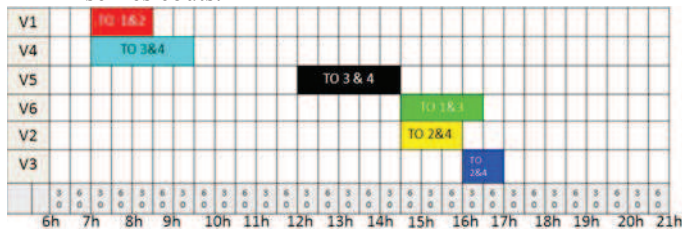


Figure 5. Planification lorsque l'attribut O pour TO1, TO2, TO3 & TO4 = Moins cher

Comme nous l'avons précédemment indiqué, le choix du meilleur chemin dans le sous-graphe est réalisé par les agents TO en fonction de critères (dans notre cas, c'est l'attribut O qui fait partie du TO). En conservant les autres attributs aux mêmes valeurs, on fait varier O. Si l'on fixe O aux valeurs (TO1 = au plus tôt, TO2 = au plus tôt, TO3 = moins cher, TO4 = moins cher), nous obtenons la planification de la Figure 6. Si nous changeons l'objectif de TO1 à moins cher, alors nous obtenons la planification de la Figure 7. Si nous échangeons ensuite les objectifs de TO1 et TO2, alors nous obtenons la planification de la Figure 8. Un changement dans les objectifs de TO3 ou TO4 n'a aucune influence sur la planification, car les véhicules concernés sont toujours disponibles.

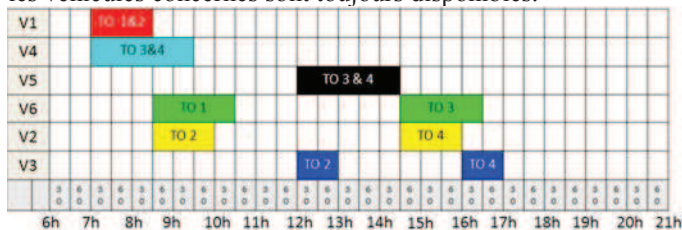


Figure 6. Planification lorsque l'attribut O pour TO1, TO2 = plus tôt et TO3, TO4 = Moins cher

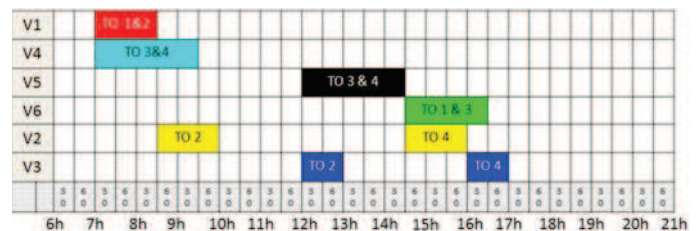


Figure 7. Planification lorsque l'attribut O pour TO2 = plus tôt et TO1, TO3, TO4 = Moins cher

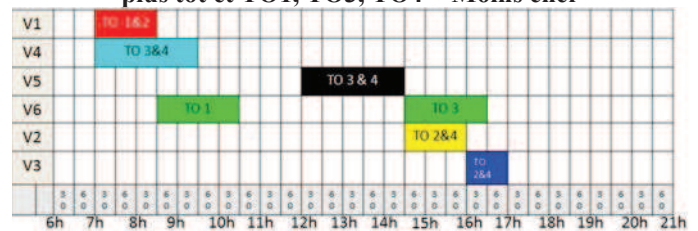


Figure 8. Planification lorsque l'attribut O pour TO1 = plus tôt et TO2, TO3 & TO4 = Moins cher

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous avons discuté d'un problème de planification de transport collaborative et nous avons proposé un système multi-agents distribué appelé "POVES" pour le résoudre. La coopération entre les deux communautés d'agents (agents d'ordre et agents véhicule). Dans le système POVES, l'agent Path Finder élabore, lorsqu'il est sollicité, les itinéraires de déplacement entre lieux de chargement et de livraison ; les agents TO font des demandes d'activités de transport ; les agents véhicule sont en compétition les uns avec les autres pour réaliser ces activités et proposent de regrouper ces activités.

Plusieurs directions de recherche se dessinent. Au lieu d'une seule entreprise 3PL, plusieurs entreprises peuvent collaborer entre elles pour acheminer les produits : la collaboration des ces entreprises 3PL doit être étudiée. D'autres paramètres, comme la taille, le type et le poids des produits transportés sont à considérer et ainsi que leurs effets sur le processus de planification. L'agilité est un facteur très important dans ce genre de système dynamique qui doit être traités efficacement. Les différences de temps de parcours dues aux embouteillages, à la météo, au chargement ou à la pente de la route, évoquées mais non prises en compte dans cet article, doivent être étudiées.

6 REFERENCES

- Archimède, B. et Coudert, T. (2001). Reactive scheduling using a multi-agent model: the scep framework. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 14(5), 667–683.
- Baykasoglu, A. et Kaplanoglu, V. (2011). A multiagent approach to load consolidation in transportation. *Advances in Engineering Software*.
- Hülsmann, M., Kopfer, H., Cordes, P. et Bloos, M. (2009). Collaborative transportation planning in complex adaptive logistics systems: A complexity sciencebased analysis of decision-making problems of groupage systems. *Complex Sciences*, 1160–1166.
- Kozlak, J., Créput, J., Hilaire, V. et Koukam, A. (2004). Multi-agent environment for dynamic transport planning and scheduling. *Computational Science-ICCS 2004*, 638–645.
- Marasco, A. (2008). Third-party logistics: A literature review. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 127–147.
- Mes, M., van der Heijden, M. et Schuur, P. (2010). Interaction between intelligent agent strategies for realtime transportation planning. *Central European Journal of Operations Research*, 1–22.
- Sauer, J. et Appelrath, H. (2000). Integrating transportation in a multi-site scheduling environment. System Sciences, 2000. Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference 9–pp.
- Sprenger, R. et Mönch, L. (2008). A simulation framework for assessing the performance of cooperative transportation planning algorithms. Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation 2769–2776.
- Sprenger, R. et Mönch, L. (2011). icomas: an agentbased system for cooperative transportation planning in the food industry. *Holonic and Multi-Agent Systemsfor Manufacturing*, 175–184.
- Xu, J., Archimede, B. et Letouzey, A. (2012). A distributed multi-agent framework for shared resources scheduling. *Information Control Problems in Manufacturing* 14(1), 775–780.
- Zegordi, S. et Nia, B. (2009). A multi-population genetic algorithm for transportation scheduling. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45(6), 946–959.
- Takoudjou, R. et al(2012). A Hybrid multistart heuristic for the pickup and delivery problem with and without transshipment 9th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation, 2012.
- Muhammad Ali Memon et Bernard Archimede(2013). Towards a Distributed Framework for Transportation Planning: A Food Supply Chain Case Study ICNSC, IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control 2013 Paris France