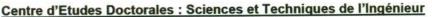


UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES - FES





Nº d'ordre: 18/2016

THESE DE DOCTORAT

Dans le cadre d'une cotutelle entre l'Université Sidi Mohamed ben Abdellah & Normandie Université

Présentée par

Mustapha OUDANI

Spécialité : Recherche opérationnelle et Informatique

Sujet de la thèse : Optimisation des problèmes de transport multimodal

Thèse présentée et soutenue le 21/05/2016 devant le jury composé de

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Youssef Benadada	PES :	ENSIAS Rabat	Président
Mohamed El Khomssi	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Loqman Chakir	PH	Ecole Supérieure de Technologie de Meknès	Rapporteur
Abdelkader Sbihi	PES	Ecole de Management de Normandie	Rapporteur
Abdelhamid Benaini	PES	Université du Havre	Examinateur
Jaouad Boukachour Ahmed El Hilali Alaoui	HDR PES	Université du Havre Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeurs de thèse

Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès

-17

Laboratoire d'accueil : Laboratoire de modélisation et calcul scientifique

Résumé

Cette thèse est une contribution aux travaux de recherche sur l'optimisation des problèmes du transport multimodal. Nous commençons par la présentation du contexte général en définissant les principaux concepts clé de la multimodalité dans les réseaux du transport comme les modes de transport de base, les unités du transport intermodal, les formes d'interface, les formes d'intermodalité (rail-route, ferroutage, etc) et en donnant un état de l'art des travaux scientifique du domaine. Le problème de la localisation des terminaux rail-route du transport combiné est ensuite étudié. Nous proposons un algorithme génétique à codage mixte pour la résolution de ce problème et nous comparons nos résultats avec ceux de la littérature. Un ensemble de problèmes posés dans le cadre de notre travail sur le projet DCAS (Direct Cargo Axe Seine), porté par le Grand Port Maritime du Havre, y sont décrits et modélisés par des outils de programmation mathématique. Ainsi, nous avons étudié le problème du transfert de navettes ferroviaires qui consiste à optimiser le transfert d'un ensemble de conteneurs entre des terminaux maritimes et un terminal multimodal. Ensuite, nous avons modélisé le problème d'ordonnancement des trains de grandes de lignes pour le placement sur les voies de la cour ferroviaire du terminal multimodal du Havre. Ces problèmes sont résolus en utilisant une approche combinée optimisation simulation. Une première application est basée sur un algorithme génétique couplée avec la simulation multi agents pour l'affectation des voies aux trains. Une deuxième, consiste à optimiser la manutention des conteneurs lors d'un transbordement rail-rail en utilisant un algorithme de colonie de fourmis intégré dans le modèle de simulation et une stratégie de collaboration agents pour minimiser les temps d'attente des portiques et ainsi augmenter leurs productivités.

Mots clés: Optimisation combinatoire, multimodalité, logistique portuaire, transport combiné, simulation multi agents, métaheuristiques.

Table des matières

Ta	ble o	des fig	ures							XV
Li	ste d	les tab	leaux						2	xix
In	trod	uction	général	9						1
I	Tra	nsport	multim	odal : généralités et état de l'art						5
	1			g g a ur a a a a a a a a a a a a a a a a a					¥	5
	2	Les m	odes du t	ransport de base		*	×	٠	,	6
		2.1	Mode n	naritime	•			٠	•	6
		2.2	Mode fe	erroviaire		Ç	:	2	¥	7
			2.2.1	Train complet vs le wagon isolé			÷	e		8
			2.2.2	Principaux opérateurs		•		•		9
		2.3	Mode re	outier		×	٠	•		9
		2.4	Mode a	érien			•	*	*	11
		2.5	Mode fl	uvial				÷		12
		2.6	Pipeline		e ×	*	٠			13
		2.7	Une con	nparaison entre les modes		•	٠	•		14
			2.7.1	En termes de capacité						14
			2.7.2	En termes d'émission	e (e	1.			15	14
			2.7.3	Seuils de pertinence			•	٠		15
			2.7.4	Récapitulatif				•		16
	3	Trans	port mul	timodal						17

Table des matières

	3.1	Les unites de transport intermodar	17					
	3.2	Choix pointiques et ecologiques	19					
4	Forme	s d interface multimodales	19					
	4.1	Engins de mandemon	19					
		4.1.1 Les grues et portiques de quai	19					
		4.1.2 Les portiques refrontaires et haviants	20					
		4.1.5 Reach Stacker	21					
		4.1.4 Charlot cavaner	21					
		4.1.5 AGV	21					
	4.2	Les ports martines	22					
	4.3	Terminaux de transport combiné rail-route						
	4.4	Terminaux de combiné fleuve-route	24					
	4.5	Nouvelles générations de terminaux multimodaux	24					
		4.5.1 Les ports secs	24					
		4.5.2 Terminaux de transbordement rapide rail-rail	24					
5	Différ	entes formes d'intermodalité	26					
	5.1	Transport combiné rail-route	26					
	5.2	Transport combiné fleuve-route	26					
	5.3	Ferroutage et autoroute ferroviaire	27					
	5.4	Merroutage	27					
		5.4.1 Le feedering maritime	27					
		5.4.2 Le roulier	28					
6	Organisation logistique et commerciale des chaînes de transport multimodal							
	6.1	Principaux acteurs de transport intermodal	28					
	6.2	Organisation du transport intermodal	29					
7	Trans	port multimodal : état de l'art	30					
	7.1	Problématique de définition	30					
	7.2	Problèmes stratégiques	32					
	7.3	Problèmes tactiques	33					
	7.4	Problèmes opérationnels	35					
	7.5	Tendances et perspectives	35					
		7.5.1 La mutualisation	35					
		7.5.2 La synchromodalité	36					
		7.5.3 L'internet physique	36					
8	Conc	lusion	36					

II	Loca	alisatio	on des terminaux intermodaux : modélisation et résolution	39				
	1			39				
	2			40				
		2.1		41				
		2.2	Fonctions d'exploitation	41				
	3	Positio	on du problème	41				
	4	Formulation mathématique						
	5 Evaluation du coût intermodal							
	6							
		6.1	Représentation des solutions	47				
		6.2	Population initiale	47				
		6.3	Opérateurs de croisement	47				
			6.3.1 Croisement de Laplace	48				
			6.3.2 Croisement arithmétique	49				
		6.4	Opérateurs de mutation	50				
			6.4.1 Mutation MPT	50				
			6.4.2 Mutation puissance	50				
		6.5	Schéma général	51				
	7	Réglag	ges des paramètres de l'algorithme	52				
	8	Résult	ats numériques	53				
	9							
II	IMo		ion des problèmes de transport materime des que per	57				
	1		ruction	57				
	2	Port d	iu Havie	58				
		2.1	Système logistique actuel	58				
		2.2	by bloome region que avec 111112	61				
			2.2.1 Compositives at 11111	61				
			2.2.2 Interest regional actions	64				
	3	Systèr	me DCAS	65				
		3.1	Projet DCAS	65				
		3.2	Ètat de l'art sur le coupon	66				
		3.3	Réponse technologique et organisationnelle de DCAS	67				
		3.4	Un autre intérêt pour les entrepôts logistiques	68				
		3.5	Brouettages intraterminaux maritimes	68				

Table des matières

	3.6	Transfer	t terminal maritime centre de réparation	69				
4	Modél	isation $d\epsilon$	es problèmes d'optimisations rencontrés	69				
	4.1	Problèm	ne de transfert de navettes ferroviaires	69				
		4.1.1	Description du problème	69				
		4.1.2	Circulation en noria	70				
		4.1.3	Formulation mathématique	70				
	4.2	Problème d'ordonnancement des trains et navettes sur la cour ferroviaire 74						
		4.2.1	Description du problème	74				
		4.2.2	Modélisation mathématique	75				
	4.3 Problème d'affectation des trains/navettes aux voies							
		4.3.1	Description du problème	77				
		4.3.2	Première formulation	77				
		4.3.3	Deuxième formulation	78				
		4.3.4	Troisième formulation	79				
5	Concl	usion		80				
				01				
IV Ré								
1								
2	Génér	troduction						
	2.1	Introduction 81 Généralités sur l'optimisation 82 2.1 l'optimisation mathématique 82 2.2 Optimisation combinatoire 82 2.2.1 Heuristiques et métaheuristiques 83 Généralités sur la simulation 84						
	V Résolution par méthodes de couplage optimisation simulation 8 1 Introduction 8 2 Généralités sur l'optimisation 8 2.1 l'optimisation mathématique 8 2.2 Optimisation combinatoire 8 2.2.1 Heuristiques et métaheuristiques 8 3 Généralités sur la simulation 8 3.1 Essai de définition 8 3.2 Les différents paradigmes 8 3.2.1 Simulation à évènements discrets 8 3.2.2 Simulation des systèmes dynamiques 8							
			- 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1					
3	Génér							
	3.1			84				
	3.2	Les diffe	tion to the vertice of the property of	85				
		3.2.1		85				
		3.2.2	Simulation des systèmes dynamiques	85				
		3.2.3	Simulation multi agents	86				
4	Comp	oaraison o	ptimisation simulation	86				
5	Coup	lage optin	misation simulation	87				
	5.1	Avantag	ges du couplage optimisation simulation	87				
		5.1.1	Deux approches complémentaires	88				
		5.1.2	Test et optimisation de plusieurs scénarios	88				
6	Modè	ele de sim	ulation du port du Havre	88				
	6.1	Descrip	tion de système simulé	89				

	6.2	Environnemer	at de développement	. 89
	6.3	Règles de gest	ion	. 90
		All the state of t	onnancement des trains de grandes lignes	
		6.3.2 Règl	es de manutention rail-rail	. 92
	6.4	Optimisation	via la simulation	. 93
	6.5	Résultats de l	a simulation	. 94
		6.5.1 India	cateurs organisationnels	. 95
		6.5.2 Indic	cateurs financiers	. 97
		6.5.3 Com	paraison système actuel/système avec TMM	. 98
			paraison système DCAS/TMM	
7	Algori	hme génétique	e basé sur la simulation pour l'affectation des voies	. 102
	7.1		e	
	7.2		nétiques	
			sements	
			ations	
	7.3		r simulation	
	7.4		avec une heuristique myope	
8			nps de service à la cour ferroviaire	
170	8.1		e	
	8.2		ollaboration agent	
	8.3		e colonie de fourmis intégré dans la simulation	
			eription de l'algorithme	
			plage ACO-simulation	
			lage des paramètres	
	8.4		comparaison	
9	Concl			
Conclu	usion g	énérale et pe	rspectives	119
Riblio	graphic			121