

# Planification dynamique avec partage de ressources

basée sur un

système multi-agents

avec

négociation stigmergique

**V. Deslandres, 5 Février 2016**

Présentation basée sur le support de M2R – **Kevin ESPENEL** (Sept. 2015)

## Plan

- Introduction au projet
- Problématique de recherche
  - I – Positionnement
  - II – Contribution
  - III – Expérimentations
- Conclusion

## Le contexte : structure multi-agents pour un réseau de coordination adaptatif

### ► Frédéric ARMETTA : **CESNA**

- *Complex Exchanges between Stigmergic Negotiation Agents* (2003-2007)
- Partage de ressources critiques, besoins marqués dans l'environnement (stigmergie), négociation médiée par le réseau de coordination, formé des propositions des agents

### ► Olivier LEFEBVRE : **MANA**

- *Multi-level bAlancingNegotiating* (2006-2010)
- Passage à l'échelle, représentation partielle du réseau, complété dynamiquement selon les besoins

## Contributions



- Guillermo Garcia **ONCHOA** (M2R-2011) : **GuidedCESNA**
  - Adapter CESNA pour organiser les tournées de livraisons de marchandises en ville, sur les aires de livraison existantes
  - Quantification des contrats

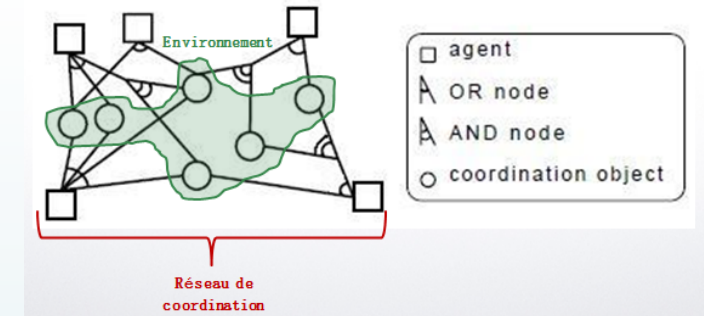
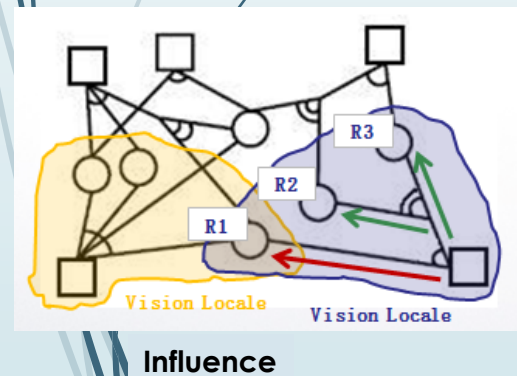
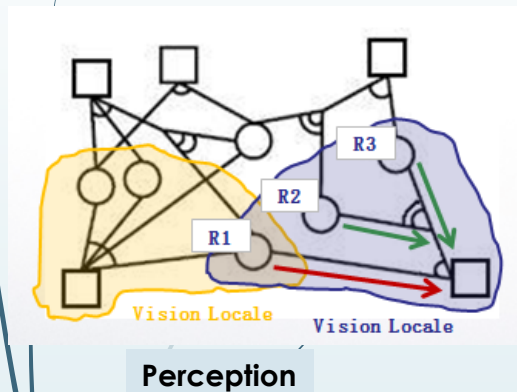


- Noura **BENHAJJI** (M2R-2013) : dynamique de contrôle endogène
  - Enrichir la résolution en fonction des connaissances métier (ex. : calcul de la valeur de lambda, politiques adaptées pour la génération de nouvelles propositions)



- Kévin **ESPENEL** (M2R/PFE Polytech-2015) : généralisation, expérimentations, comparaisons

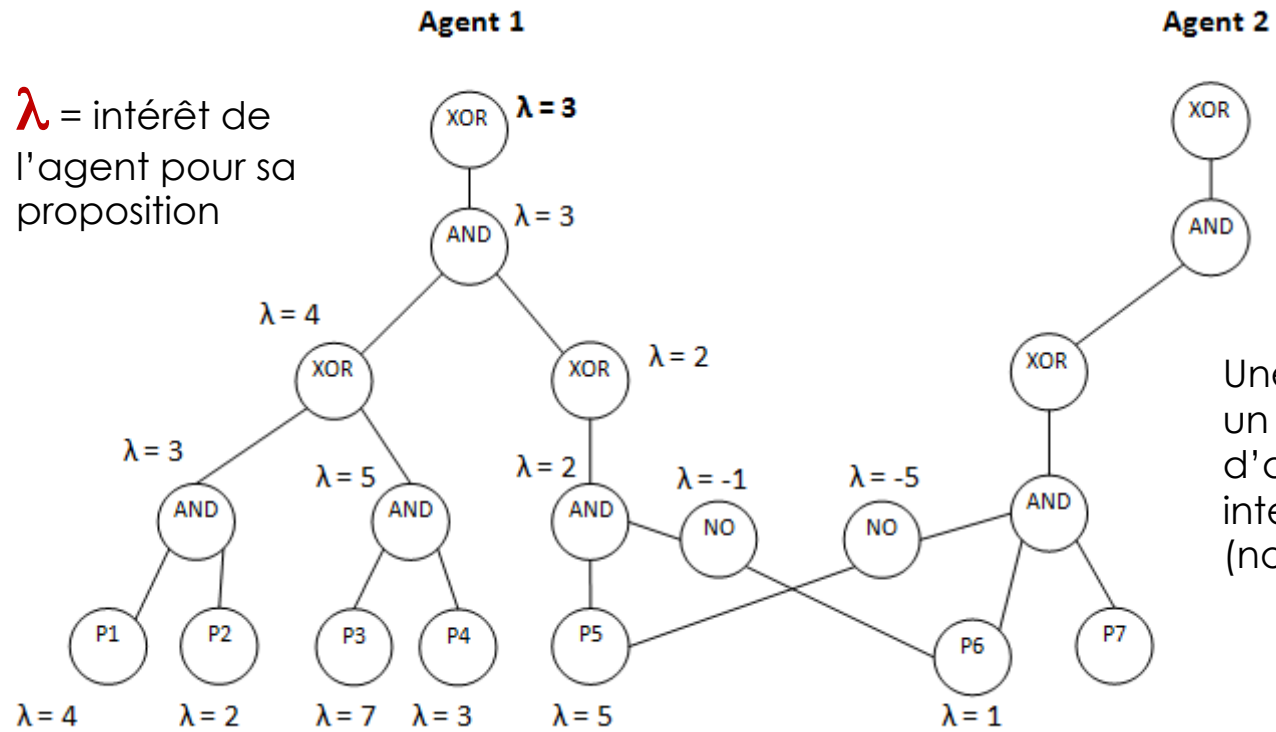
# Contexte SMA



- L'approche initiale GuidedCESNA :
  - Système multi-agents auto-organisé
  - Négociation stigmergique
    - Communication indirecte dans l'environnement
    - Emergence d'un comportement cohérent
    - Convergence vers la solution du problème

# Arborescence des propositions

$\lambda$  = intérêt de l'agent pour sa proposition

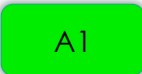


Une proposition = un ens. d'alternatives interchangeables (nœuds XOR)

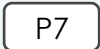
# Réseau de propositions des agents



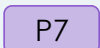
= Conflit



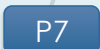
= Agent



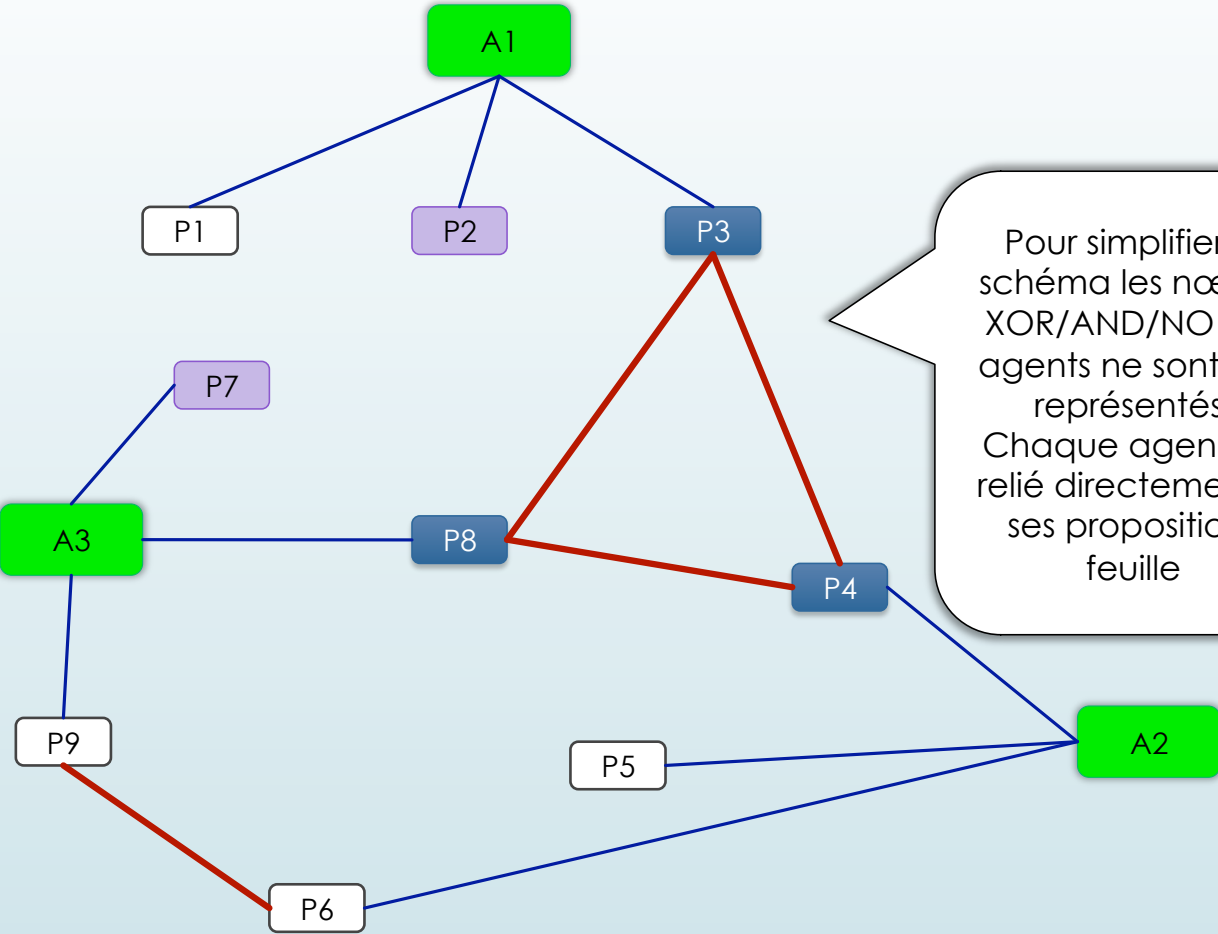
= Proposition non satisfaisante



= Proposition satisfaisante sans conflit



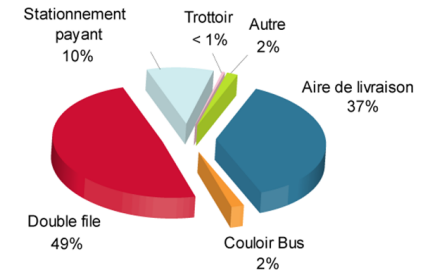
= Proposition satisfaisante avec conflit



Pour simplifier le schéma les nœuds XOR/AND/NO des agents ne sont pas représentés. Chaque agent est relié directement à ses propositions feuille

# Champ applicatif : livraison de marchandises

Lieu de stationnement des véhicules utilitaires ...

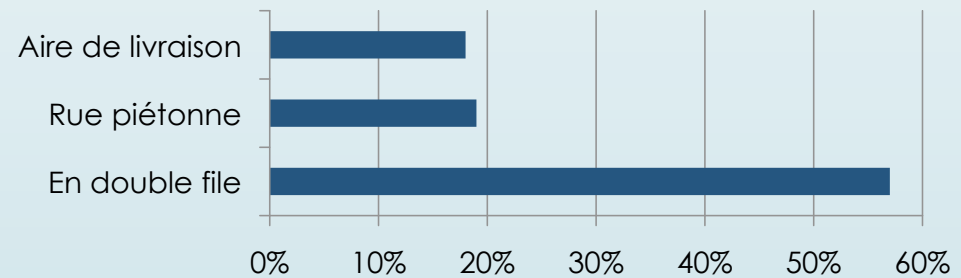


- Projet ALF (Aires de Livraison du Futur) [4]
  - Congestion du trafic routier dans les centres-villes
  - Seulement 37% des livraisons effectuées sur une aire



- Etude CCI de Lyon en 2015 [8] :

Mode de livraison dans le centre de Lyon

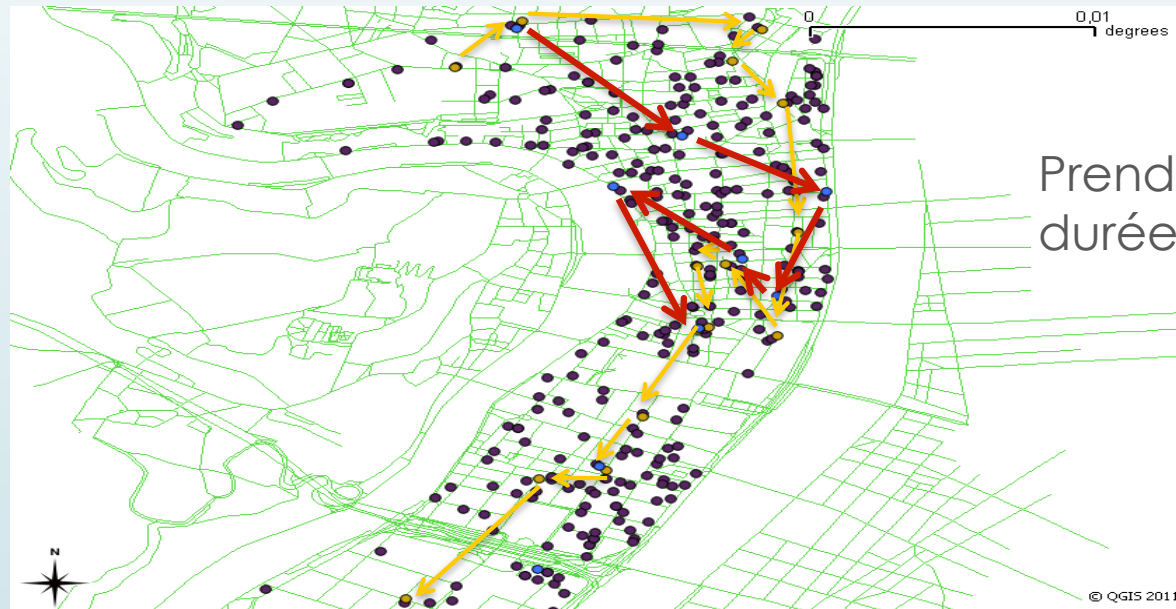




## Problématique ALF (PREDIT 4 – 2009-2012)

### Objectif: Planification dynamique des tournées livraison par un système de réservation des aires

- Éviter les conflits générés par l'**occupation légale**
- Gérer les aléas issus des **occupations illégales**



Prendre en compte la durée des tournées



## Problématique scientifique

- Optimisation de routes (VRP, CVRP, DVRP, VRP-TW, etc.)
- Partage de ressources
  
- Similarités avec le job shop problem, les visiteurs de musées
  
- Problématique applicative : dimensionnement
  - Le parc des aires est-il suffisant pour l'activité économique du périmètre étudié ?

# Objectifs du stage de Kévin

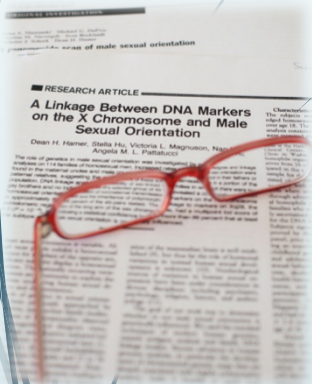
- Produire un **travail d'ingénierie**

- **Rétro ingénierie** GuidedCESNA

- Proposer une implémentation **générique** pour la représentation des problèmes

- **Généralisation des applications** du système

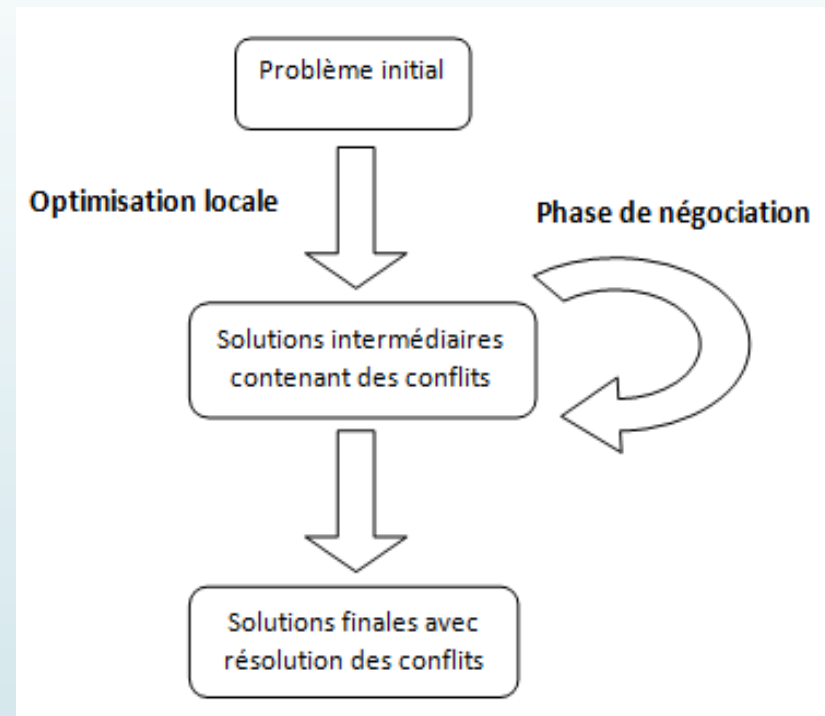
- **Positionner l'approche de résolution** dans la littérature scientifique



## Une méthode d'optimisation dynamique

### **Vision initiale :**

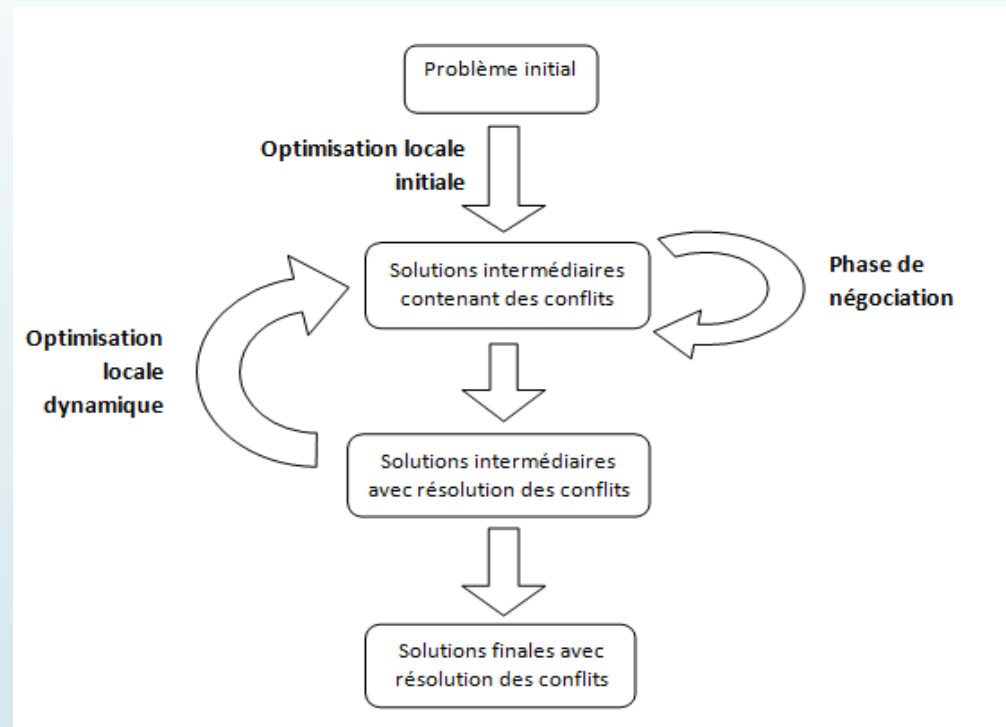
- Limitation aux problèmes d'optimisation où toutes les informations sont connues à l'avance



## Une méthode d'optimisation dynamique

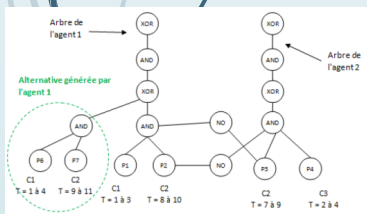
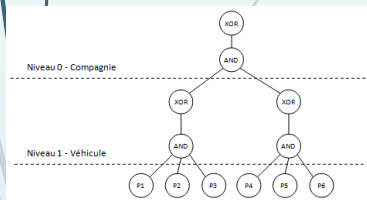
### Vision élargie :

- Représentation adaptée aux problèmes d'optimisation dynamique



## II.2 - Réflexion pour la généralisation du système

- Définition des étapes à suivre pour la modélisation d'un problème avec notre système :



1

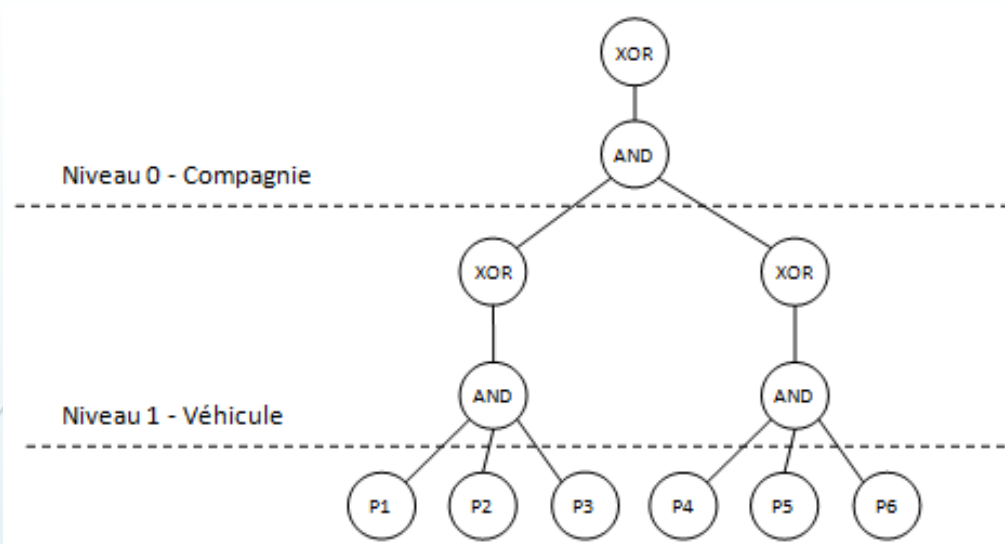
- Modélisation des contrats dans l'**arbre de propositions**
  - Identification des variables suffisantes pour la détection de conflits
  - Définition de la fonction de conflit
  - Définition de la structure de l'arbre

2

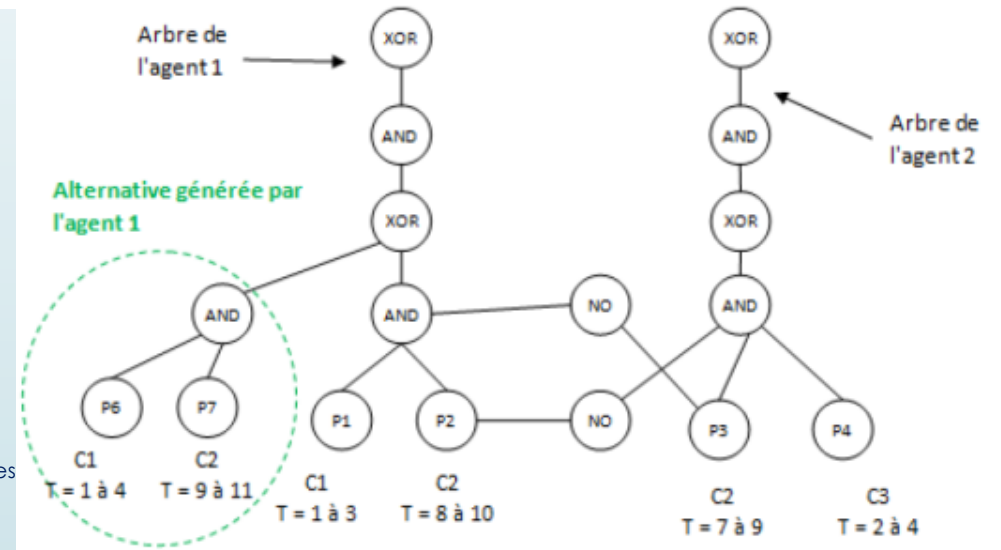
- **Calcul de lambda** représentant la préférence pour une proposition

3

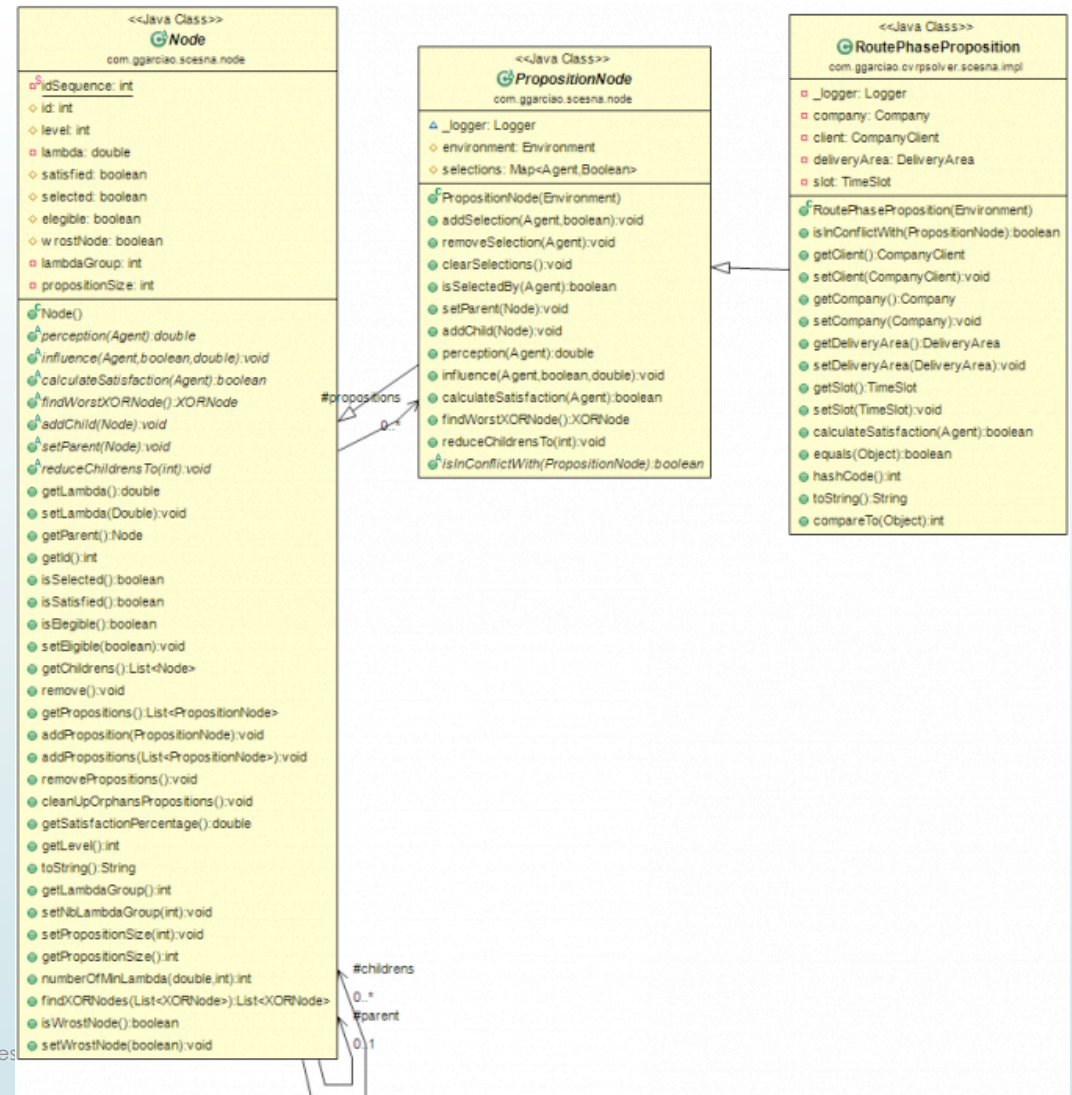
- Définition des **stratégies de génération d'alternatives**



Une compagnie de livraison peut utiliser tel véhicule (capacité) pour telles livraisons, ou tel autre véhicule pour d'autres livraisons

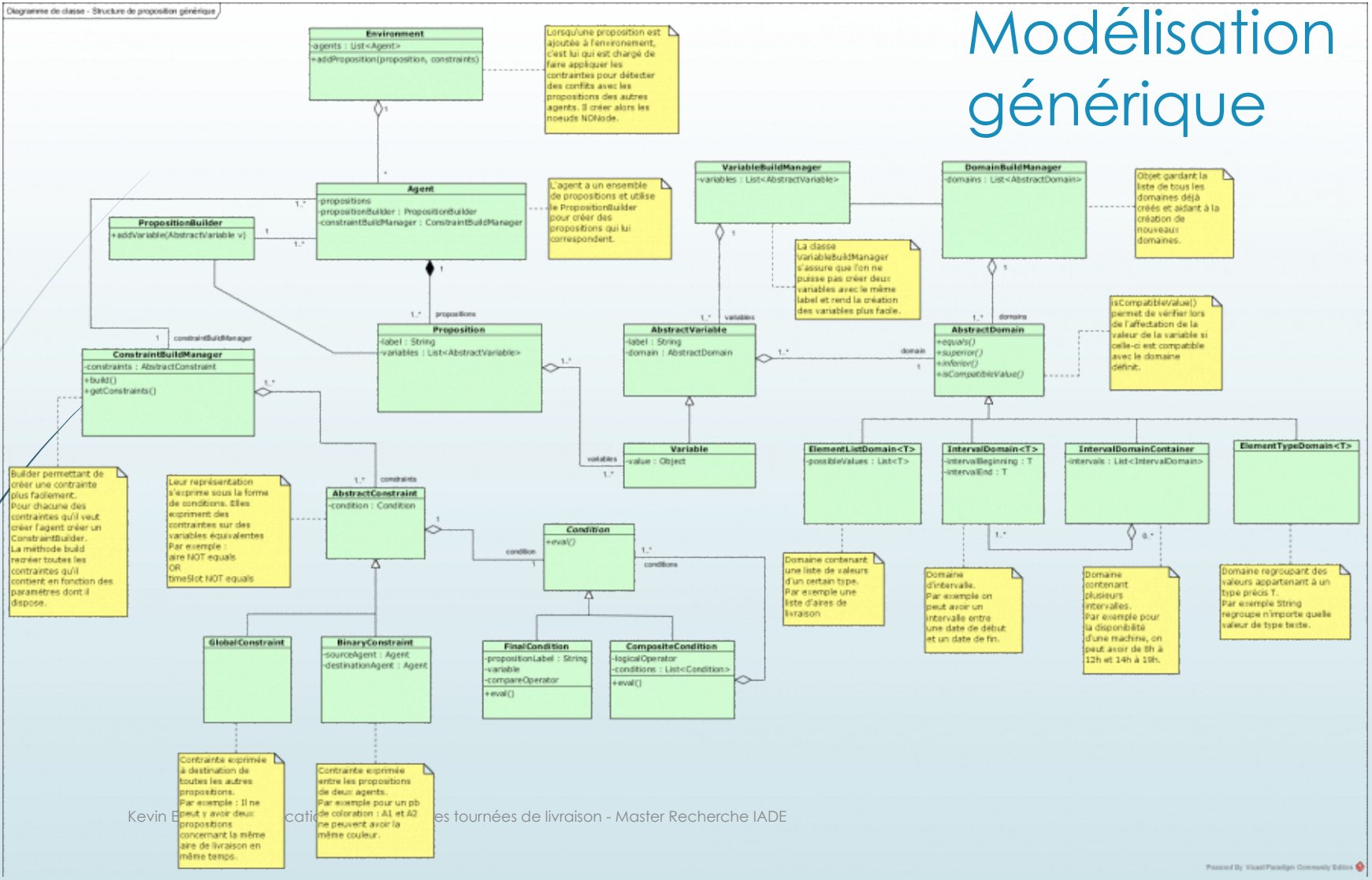


# Modélisation originale



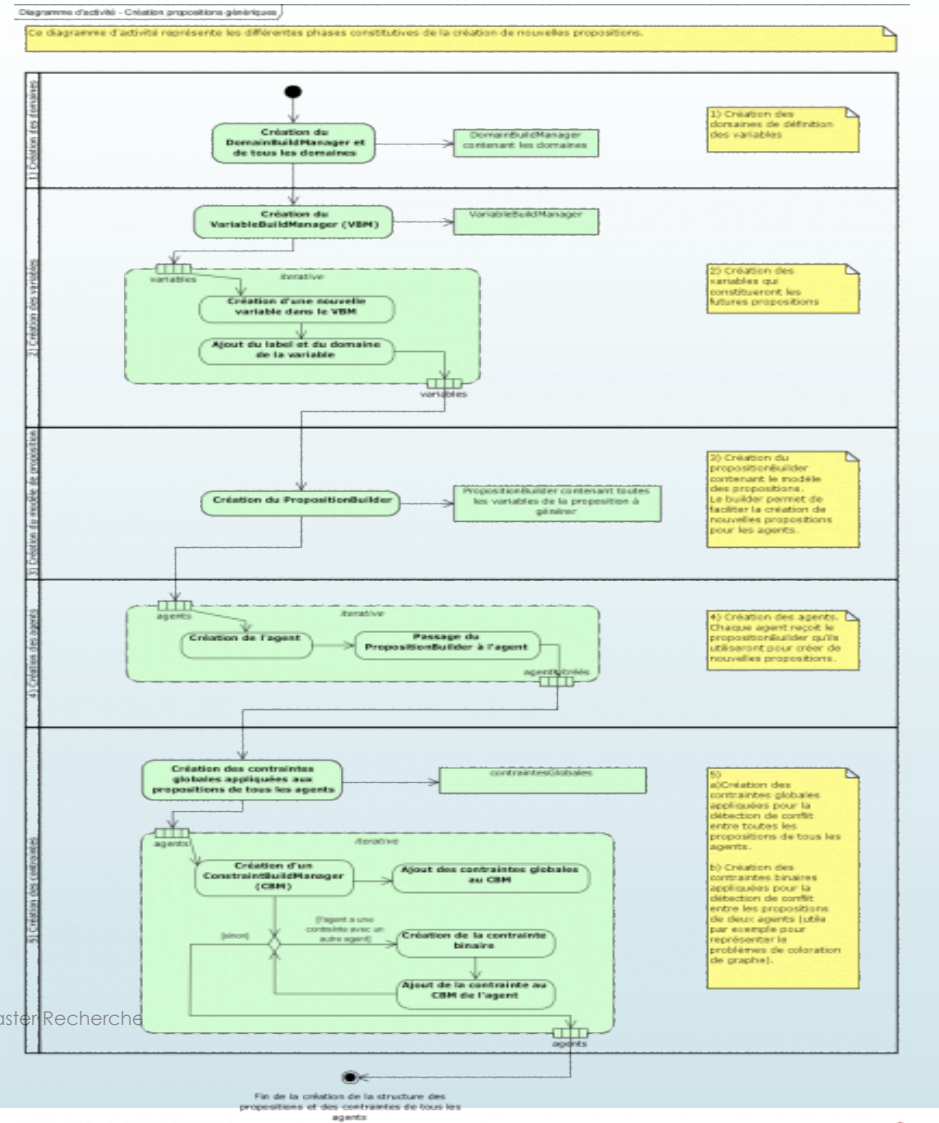


# Modélisation générique

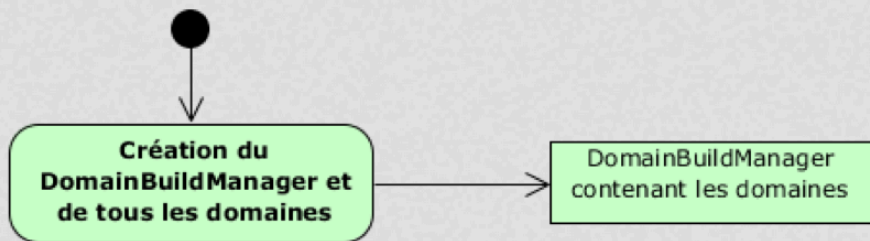


# Génération de proposition « générique »

Kevin ESPENEL - Planification dynamique des tournées de livraison - Master Recherche

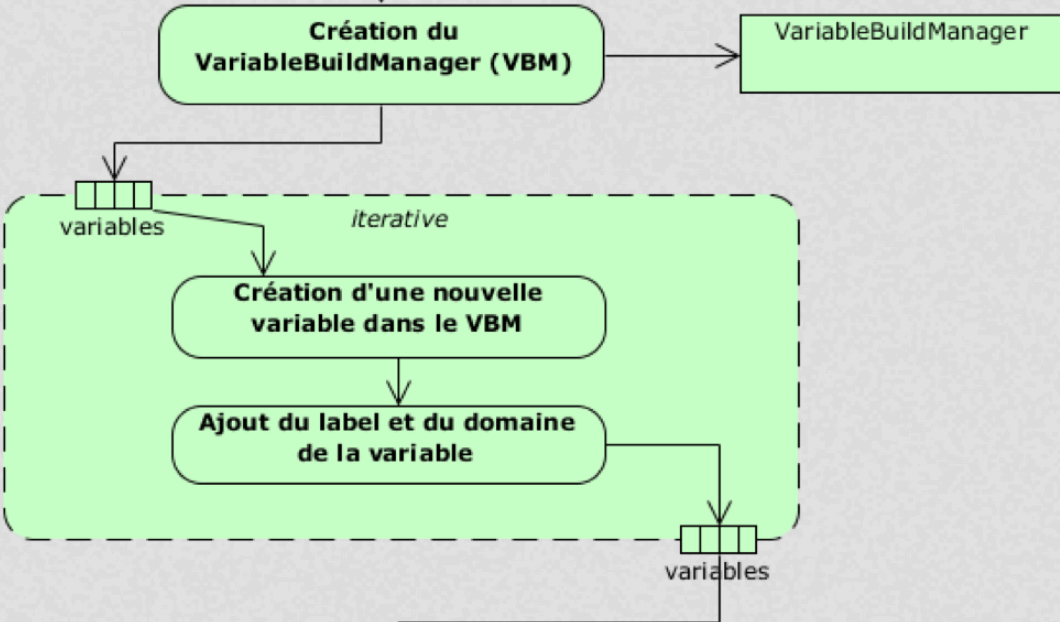


1) Création des domaines



1) Création des domaines de définition des variables

2) Création des variables



2) Création des variables qui constitueront les futures propositions

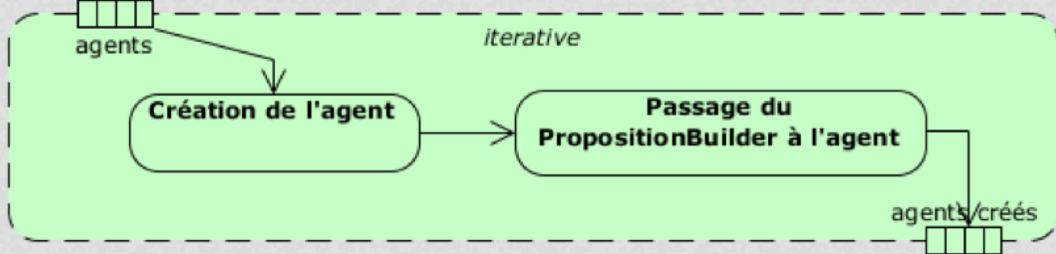
3) Création du modèle de proposition

**Création du PropositionBuilder**

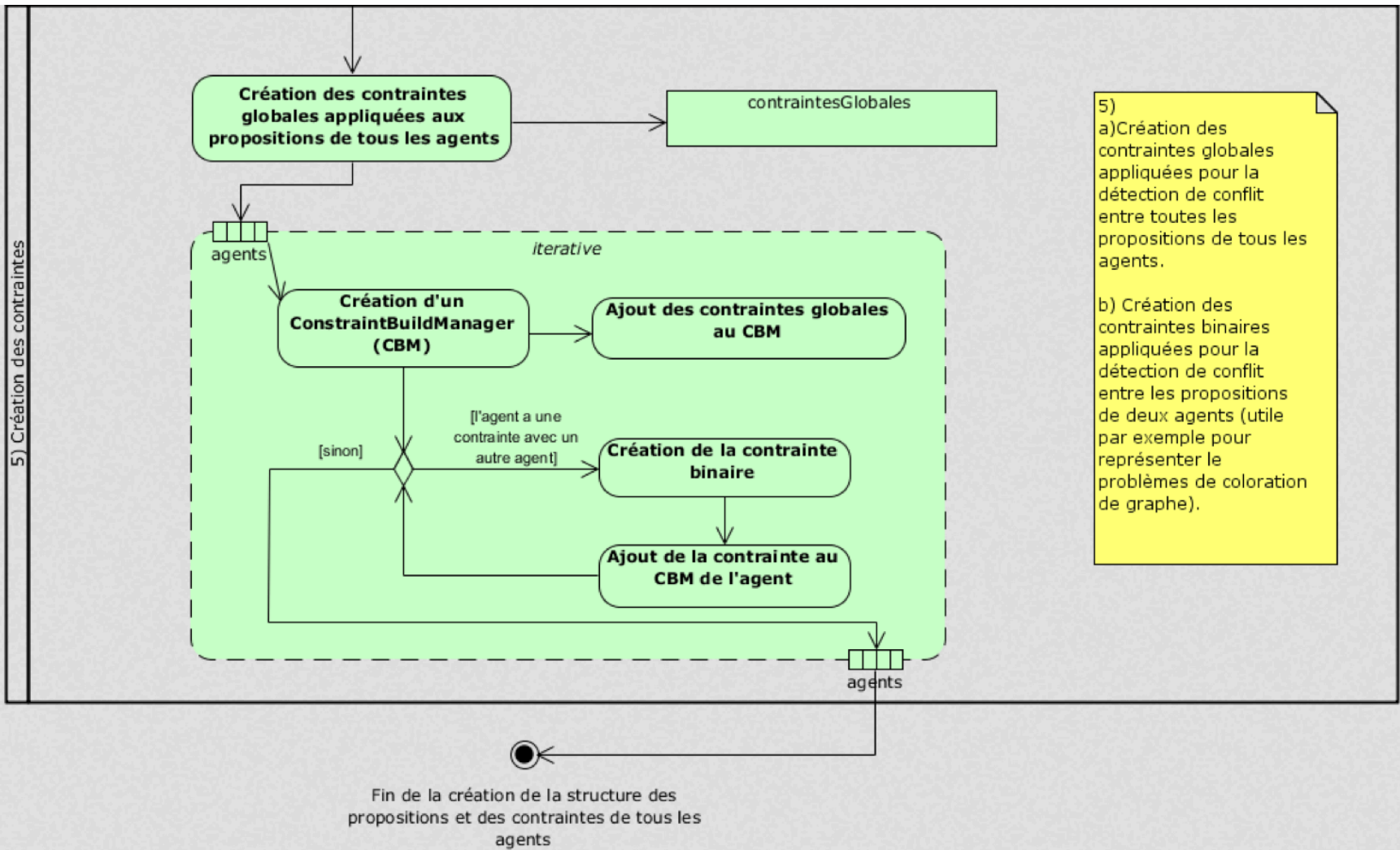
PropositionBuilder contenant toutes les variables de la proposition à générer

3) Création du propositionBuilder contenant le modèle des propositions. Le builder permet de faciliter la création de nouvelles propositions pour les agents.

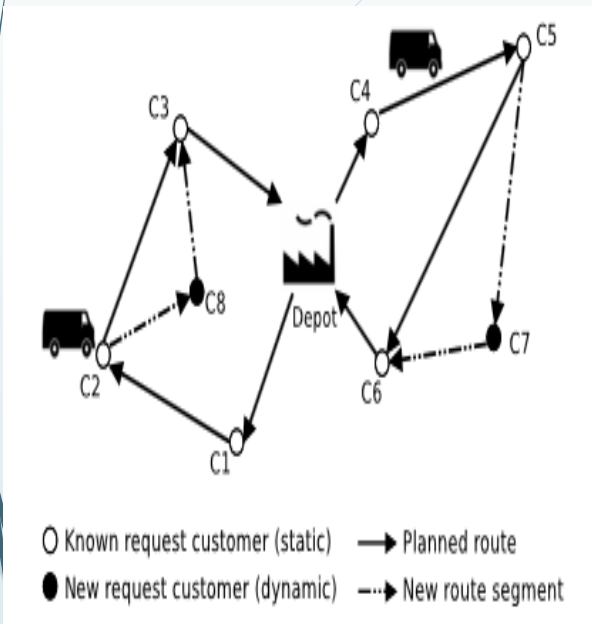
4) Création des agents



4) Création des agents. Chaque agent reçoit le propositionBuilder qu'ils utiliseront pour créer de nouvelles propositions.



## Positionnement : comparaison à l'existant



- Choix du DVRP (Dynamic Vehicle Routing Problem)
- Caractéristiques du DVRP
  - Organiser les **tournées** de véhicules (d'une même compagnie)
  - **Minimiser** la somme des **longueurs des routes** des véhicules utilisés
  - Respecter la **capacité** des véhicules
  - Certaines **demandes** sont **connues a priori**
  - Les autres demandes arrivent en cours de tournée et sont intégrées **dynamiquement**
- **Problème du DVRP : résolution limitée à **une** compagnie**

## DVRP concurrent

- Résolution parallèle de **plusieurs DVRP** représentant différentes compagnies de livraison
- Possibilité de conflit d'accès aux points de livraison (ressources)
- Evaluer l'intérêt de la **négociation** pour les accès aux ressources

# Générateur de benchmarks dynamiques concurrents



- Basé sur les **benchmarks DVRP** de Kilby et al. [1] (programme ACO)
- **Transformation** d'une instance DVRP en une instance DVRP concurrent
  - 1 fichier par compagnie de livraison
  - **Respect strict du format** et des propriétés de Kilby et al.
  - Chaque fichier peut faire l'objet d'une optimisation DVRP classique
  - Pas de résultats publiés, mais possibilité de **programmer** la méthode proposée
- **L'idée** : on dispose d'une solution optimale locale pour un problème auquel on a ajouté un niveau de complexité (concurrency)
  - Si les résultats sont au min. équivalents au niveau de chaque agent, on a gagné
  - Evaluer l'**intérêt de la prise en compte des conflits** pour l'accès aux ressources critiques



## Caractéristiques du benchmark dynamique issu de Kilby ...et ses limites

- Un seul dépôt
- Pour parcourir **une** unité de distance, on met **une** unité de temps
- Prise en compte de la **capacité** des véhicules pour intégrer les nouvelles demandes Client
  - Calcul de capacité : ajusté pour intégrer la dynamique
  - Tous les véhicules d'une compagnie ont la même capacité (peu réaliste, contrainte Kilby)
- **Localisation** des clients : celles de Kilby, non issue d'une carte réelle
- On joue sur les **dates d'arrivée** des demandes pour simuler la dynamique. Toutes les demandes qui arrivent après un date seuil sont considérées comme données **a priori**
  - On doit donc insérer des demandes dans une planification déjà imaginée

## Caractéristiques du benchmark dynamique issu de Kilby ...et ses limites (2)

- ▶ Les  $n$  instances créés à partir d'une seule de *Kilby* contiennent toutes le **même nb de clients** à livrer
  - ▶ (non représentatif de la réalité : de notre fait, peut être amélioré)
- ▶ La fenêtre de temps de chaque compagnie pour la livraison (= durée max d'une journée de tournée) est **propre à chaque compagnie**
  - ▶ Recalculée pour permettre la dynamique
  - ▶ Représentatif de la réalité

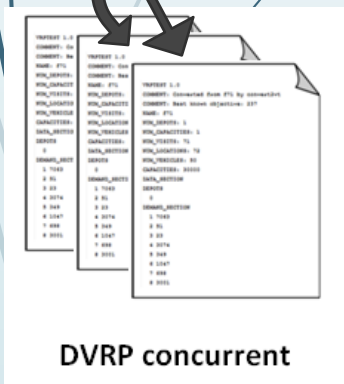
## Présentation des expérimentations

- Génération des instances de DVRP concurrent à partir de **8 instances de DVRP** de Kilby *et al.*
- Instances constituées de **50 à 199 clients**
- Paramétrage de la **concurrence** pour augmenter les conflits
  - Variation du **nombre de compagnies**
  - Variation du **nb de clients** par compagnie (identique pour toute)
  - Du nb de clients (ressources, aires) en **commun** (ex.: 20%)
- Paramétrage de la **dynamique** :
  - 50% des demandes connues à l'avance (valeur standard en DVRP, paramétrable)

## Présentation des expérimentations (2)

- **Résolution individuelle** pour chaque compagnie avec une méthode d'optimisation DVRP classique proposée par Garrido *et al.* en 2010 [2]

- Approche évolutionnaire hyper-heuristique

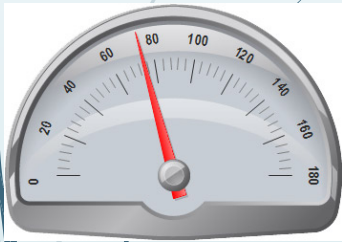


► **Résolution concurrente** avec notre approche de négociation en cas conflit

- Utilisation de l'algorithme de Garrido *et al.* pour la phase d'optimisation locale (brique en C++)

## Expérimentations : indicateurs de performance

- Considérer 2 aspects
  - **Longueur des tournées** de livraison proposées
  - La durée des **conflits** d'accès
- **DEF Indicateur global** de la qualité de la solution
  - Longueur des tournées + durée des conflits (temps d'attente)
- **OBJ.:** Minimiser cet indicateur



## Présentation des résultats

- En **bleu** les résultats de Garrido et al. ( $n$  instances dynamiques sans concertation)
- En **blanc** nos résultats

71 : Nb de clients à livrer

4 Agents = 4 compagnies de livraison

INSTANCE	NB_CONFLICTS	SUM_ROUTES_LENGTH	SUM_CONFLICTS_LENGTH	Indicateur global	Ecart absolu	Ecart en %
f71 - 4 agents	1	641	1	642		
f71 - 4 agents	0	641	0	641	1	0,2%
f71 - 6 agents	5	860	20	880		
f71 - 6 agents	0	854	0	854	26	3,0%
f71 - 10 agents	6	1556	26	1582		
f71 - 10 agents	0	1470	0	1470	112	7,1%
f134 - 4 agents	0	27904	0	27904		
f134 - 4 agents	0	27904	0	27904	0	0,0%
f134 - 6 agents	7	39663	2788	42451		
f134 - 6 agents	0	39663	0	39663	2788	6,6%

INSTANCE	NB_CONFLICTS	SUM_ROUTES_LENGTH	SUM_CONFLICTS_LENGTH	Indicateur global	Ecart absolu	Ecart en %
c50 - 4 agents	2	1355	78	1433		
c50 - 4 agents	0	1355	0	1355	78	5,4%
c50 - 6 agents	8	2000	141	2141		
c50 - 6 agents	1	2000	3	2003	138	6,4%
c199 - 4 agents	17	4874	286	5160		
c199 - 4 agents	2	4807	73	4880	280	5,4%

## Présentation des résultats

INSTANCE	NB_CONFLICTS	SUM_ROUTES_LENGTH	SUM_CONFLICTS_LENGTH	Indicateur global	Ecart absolu	Ecart en %
tai75a - 4 agents	1	2650	21	2671		
tai75a - 4 agents	0	2650	0	2650	21	0,8%
tai75a - 6 agents	6	3962	140	4102		
tai75a - 6 agents	1	3941	4	3945	157	3,8%
tai75b - 4 agents	2	2653	27	2680		
tai75b - 4 agents	0	2653	0	2653	27	1,0%
tai75b - 6 agents	3	3772	52	3824		
tai75b - 6 agents	0	3772	0	3772	52	1,4%
tai75c - 4 agents	2	2323	39	2362		
tai75c - 4 agents	0	2183	0	2183	179	7,6%
tai75c - 6 agents	6	3445	159	3604		
tai75c - 6 agents	0	3388	0	3388	216	6,0%
tai75d - 4 agents	4	2988	222	3210		
tai75d - 4 agents	0	2988	0	2988	222	6,9%
tai75d - 6 agents	6	4013	104	4117		
tai75d - 6 agents	0	4013	0	4013	104	2,5%

## Interprétation

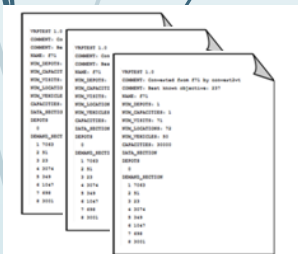
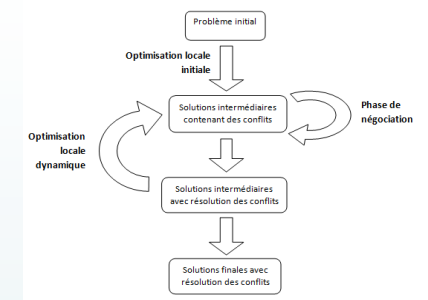


- Confirmation du bénéfice de la **prise en compte des conflits** en cas d'accès concurrent aux ressources
- Négociation menée sur l'idée de **réparation** locale, qui tient compte des préférences des agents
  - Perturbation **minimale**
- Confirmation de la **capacité** du système à **modéliser** les négociations pour un **problème d'optimisation dynamique**



# Conclusion

- **Généralisation** de GuidedCESNA à la résolution de nouveaux problèmes d'**optimisation dynamique** avec **ressources critiques**
- **Positionnement** dans la littérature scientifique
- Définition du **DVRP concurrent** : plus **riche**, plus proche de la **réalité**
  - DVRP classique, seule négociation possible = échange des clients
  - En DVRP concurrent, résolution peut porter sur la permutation de groupes, de clients, d'aires de livraison, de temps
- Proposition d'un **générateur de benchmarks DVRP** dynamiques



DVRP concurrent

## Perspectives



- **Poursuivre le travail** avec un plus grand nombre de conflits
- Implémenter l'algo de Garrido pour le paramétrer selon les besoins
- Tester l'approche sur **d'autres champs applicatifs**
  - Par ex. transport à la demande (pick-up / delivery)
- **Publier** ces travaux
  - Définition du **DVRP concurrent**
  - **Méthode générale de résolution de conflits** pour l'utilisation concurrente de ressources critiques



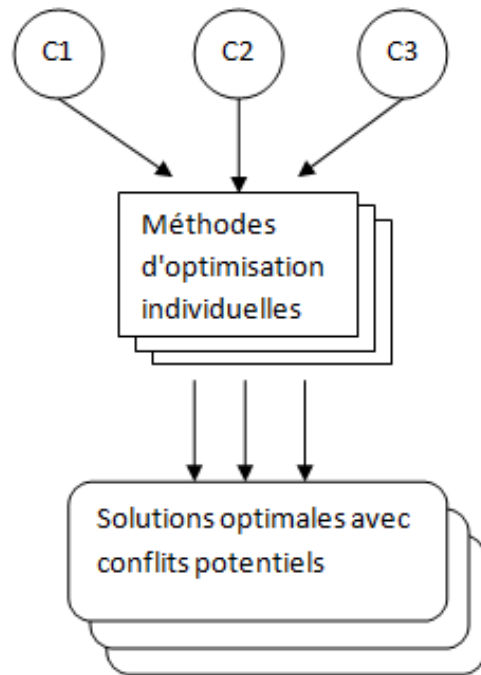
## Références

- 1. KILBY, Philip, PROSSER, Patrick, et SHAW, Paul. Dynamic VRPs : A study of scenarios. University of Strathclyde Technical Report, 1998, p. 1-11.
- 2. GARRIDO, Pablo et RIFF, María Cristina. DVRP : a hard dynamic combinatorial optimisation problem tackled by an evolutionary hyper-heuristic. Journal of Heuristics, 2010, vol. 16, no 6, p. 795-834.
- 3. Guillermo Tomas Garcia Ochoa. Planification dynamique de tournées : Application aux livraisons de marchandises en ville. Juin 2010.
- 4. ALF – Aires de Livraison du Futur. Rapport final public du projet, Interface Transport. Novembre 2012.
- 5. Frédéric Armetta. Proposition d'une approche auto-organisationnelle pour le partage de ressources critiques. Décembre 2006

## Références

- 6. Olivier Lefevre. Contrôle endogène des Systemes Multi-Agents pour la resolution de problèmes complexes. Octobre 2010.
- 7. Noura Benhajji. Planification dynamique et décentralisée à base de multi-agents de tournées de livraison. Juin 2013
- 8. Dossier de presse sur la livraison des marchandises en ville, Chambre de commerce et d'industrie de Lyon (CCI). Mars 2015

Optimisation classique sans prise en compte des conflits



Ci = Compagnie de livraison

Optimisation améliorée avec prise en compte et résolution des conflits

