

Optimisation de tournées de véhicules avec informations incertaines

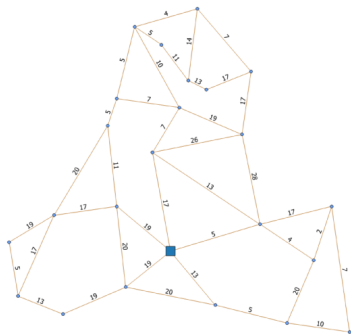
Journées de la Recherche de l'IGN

Arnaud Le Guilcher

19 avril 2019

Contexte et objectifs

- Retrouver un fonctionnement normal après une inondation
- Fournir des outils aux acteurs publics
- Enlèvement des déchets
- Construction d'un processus efficace et robuste



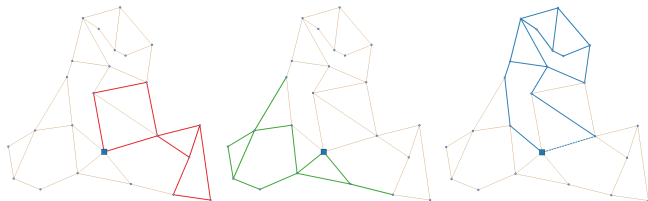
Le projet SIGOPT



- Projet impliquant le LASTIG et le Lab'Urba
- Objectifs:
 - Estimation des quantités de déchets générées lors d'une inondation
 - Optimisation de la collecte des déchets
 - Prise en compte des incertitudes dans le processus d'optimisation

Solutions recherchées

- Calcul de tournées de véhicules de ramassage de déchets
- Contraintes aussi proches que possible de la réalité
- Choix du problème CARP (Capacitated Arc Routing)

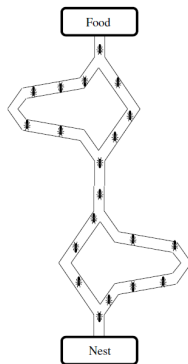


Le problème CARP

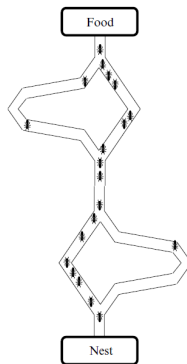
- Un problème de calcul de tournée sur un graphe (V, E)
 - Un sommet dépôt V_0
 - Chaque arête est munie d'une quantité q_E de déchet à collecter et d'un coût c_E
 - Un nombre N de véhicules de collecte de capacité C
- Contraintes pour la construction une tournée des véhicules de collecte
 - Tous les arcs doivent être desservis
 - Chaque circuit commence et finit au dépôt
 - Au cours d'un circuit, un véhicule ne peut évacuer une quantité totale de déchets supérieure à sa capacité

Un algorithme déterministe

- Un algorithme utilisant la méta-heuristique des colonies de fourmis
- Particularités
 - Placement de phéromones sur des paires ordonnées d'arcs orientés
 - Retour d'un véhicule au dépôt lorsqu'il ne peut plus évacuer les arcs voisins
 - Pénalisation des arcs non desservis



(a)



(b)

Modèle de filtration

Les paramètres incertains sont connus progressivement:

$$\mathcal{F}_0 \subset \mathcal{F}_1 \subset \mathcal{F}_2$$

avec

\mathcal{F}_0 : on n'a pas d'information particulière sur l'inondation

\mathcal{F}_1 : on dispose de la hauteur moyenne de l'eau et de premières observations des quantités de déchets

\mathcal{F}_2 : au moment de la tournée, les incertitudes (quantités de déchets, praticabilité) sont levées

Un modèle simple

- Quantité de déchets

$$q_E = \sum_{i=1}^n \alpha_i(E) \xi_i$$

- Praticabilité des voies:

$$pr_E = H(h_{min}(E) - h + r_E)$$

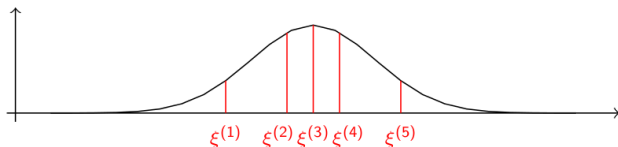
avec H fonction de Heaviside, h la hauteur de la crue, et r_E un terme d'incertitude associé à E

$$r_E = \sum_{k=n+1}^m \beta_k(E) \xi_k$$

- Choix d'un petit nombre de paramètres aléatoires

Discrétisation des variables aléatoires

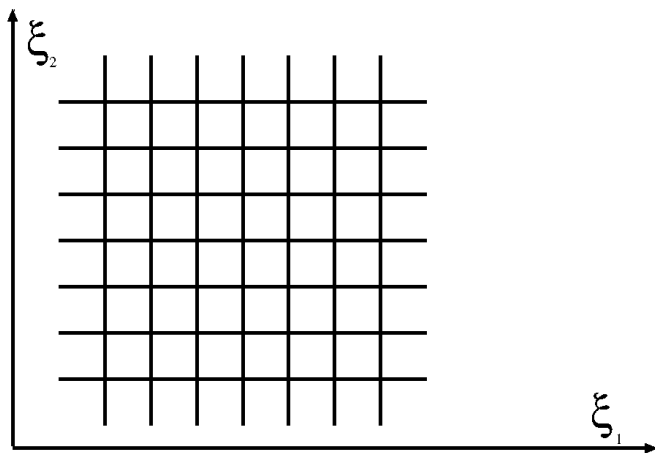
- Discrétisation de chaque variable aléatoire selon les quantiles de la distribution



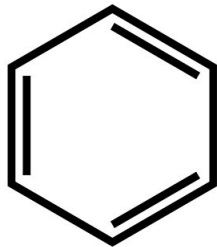
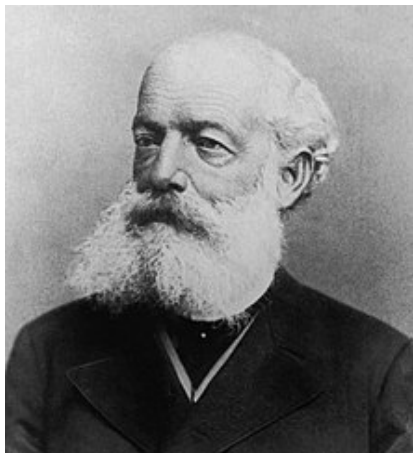
- Constitution d'une grille aléatoire, chaque nœud représentant un problème avec des paramètres distincts

Génération d'une grille de paramètres

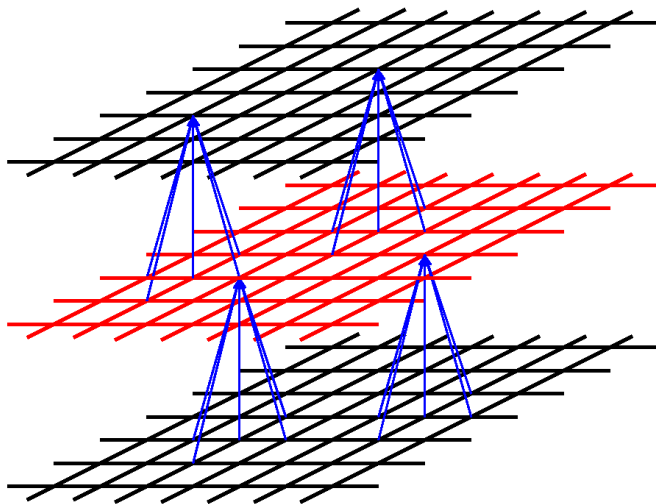
Grille de paramètre de dimension N



Une idée



Échanges d'information



Mise en œuvre

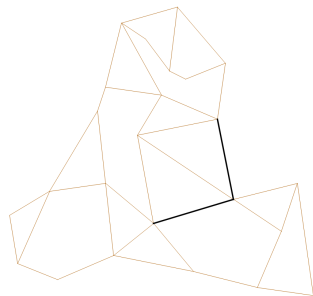
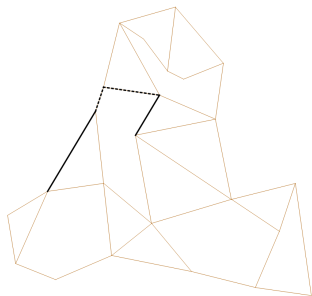
Pour chaque étape

- Génération d'une solution de coût $L(\xi^i)$ sur le nœud ξ_i
- Renouvellement des quantités de phéromones sur les paires d'arcs servies consécutivement:

$$\tau_{E_1, E_2}^{\xi^i} \leftarrow \tau_{E_1, E_2}^{\xi^i} + f(L(\xi^i))$$

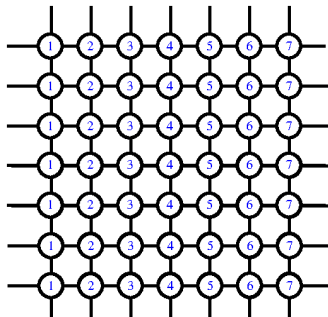
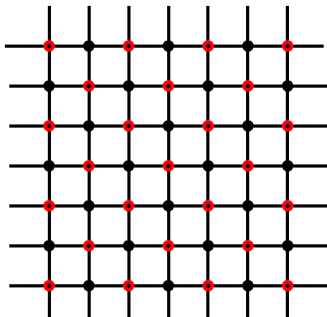
et pour chaque nœud ξ_j voisin de ξ_i

$$\tau_{E_1, E_2}^{\xi_j} \leftarrow \tau_{E_1, E_2}^{\xi_j} + \frac{1}{2} f(L(\xi^i))$$



Un cadre adaptable

- Cadre adapté à différents algorithmes d'optimisation
 - recuit simulé : génération de solutions à partir des solutions des nœuds voisins
 - algorithmes génétiques : utilisation des meilleurs individus des nœuds voisins
- Différentes stratégies possibles
 - pour la taille et l'influence du voisinage
 - pour la conduite des calculs sur la grille de paramètres (simultanée, damier, balayage, échanges adaptatifs ...)



Premiers résultats

Quantités de déchets variables : solutions optimales atteintes plus rapidement

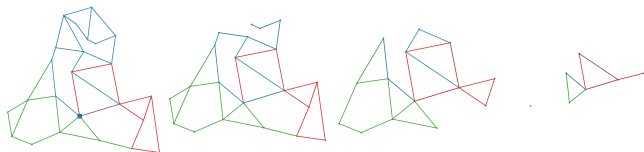
(ξ_1, ξ_2)	$\xi_1^{(1)}$	$\xi_1^{(2)}$	$\xi_1^{(3)}$	$\xi_1^{(4)}$	$\xi_1^{(5)}$	$\xi_1^{(6)}$
$\xi_2^{(1)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(2)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(3)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(4)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(5)}$	173	173	173	173	173	173
$\xi_2^{(6)}$	173	173	173	173	173	173

(ξ_1, ξ_2)	$\xi_1^{(1)}$	$\xi_1^{(2)}$	$\xi_1^{(3)}$	$\xi_1^{(4)}$	$\xi_1^{(5)}$	$\xi_1^{(6)}$
$\xi_2^{(1)}$	179	183	177	186	183.87	186
$\xi_2^{(2)}$	185	173	182	198	179	181
$\xi_2^{(3)}$	187.96	192	181	186	188	199
$\xi_2^{(4)}$	187	187	194	181	196	200
$\xi_2^{(5)}$	198	197	185	195	201	199
$\xi_2^{(6)}$	174	176	186	186	195	185

Solutions obtenues après un nombre d'itérations fixées avec et sans échange

Premiers résultats

Praticabilité incertaine : implémentation du reroutage en direct



Perspectives

- Utilisation sur des données réelles
- Modélisation des distributions des entrées incertaines
- Problème de la dimension
- Stratégies de partage de l'information
- Test d'autres algorithmes de base