

TD2 : Python et analyse de réseaux dans le domaine du risque

Exploration de la « robustesse » de solutions optimales sur les réseaux

Ce TD s'appuie sur les données « data.py » : <http://sergelhomme.fr/data/data.py>

Attention, pour utiliser les distances géographiques dans ce TD, il faudra prendre les valeurs entières de ces distances et les diviser par 1000.

Problème : Une entreprise cherche à mettre en place une stratégie optimale de remise en service de ses infrastructures endommagées à la suite d'une inondation qui va dans le même temps perturber le réseau routier. Dans un scénario de référence, les routes perturbées sont les suivantes : [(32,42),(33,34),(20,35),(14,21)]. L'entreprise va alors chercher à partir de ce scénario à affecter sur 5 sites d'intervention (44, 45, 14, 5, 23) ses 52 employés (localisés sur les autres sommets du graphe) de manière à minimiser les distances parcourues par les employés et ainsi faciliter les interventions. Pour ces 5 sites, elle a évalué leurs besoins, correspondant au nombre de personnes nécessaires aux interventions (dans l'ordre la distribution est la suivante : 12, 8, 18, 8, 6). Ces besoins sont amenés à légèrement évoluer dans le temps (dans l'ordre : 12, 10, 16, 8, 6). Néanmoins, l'entreprise n'a pas envisagé que le scénario de perturbations initial du réseau routier (le scénario de référence) pourrait être légèrement différent compte-tenu des incertitudes de modélisation. En l'occurrence, il est vraisemblable qu'une, voire deux ou trois autres routes supplémentaires soient perturbées dans le même temps. Ces routes sont les suivantes : [(29,43), (20,36), (22,26), (20,21), (16,18), (3,4), (34,45), (53,55), (52,53)] . Quel serait alors l'impact d'un petit changement de scénario sur la solution optimale retenue par l'entreprise ?

Outil : Le problème d'optimisation de l'entreprise est un problème d'affectation classique s'apparentant à un « problème de transport ». Il est possible d'utiliser des bibliothèques Python d'optimisation linéaire pour le résoudre, mais il se trouve que NetworkX propose une fonction « [network simplex](#) » qui le résout aussi très bien. Ce TD va s'appuyer sur cette fonction.

Partie 1 : Trouver la solution optimale de remise en service de l'entreprise en partant du scénario de perturbations de référence.

- 1) Créez les variables directement issues des données du problème.
- 2) Créez le graphe du réseau routier, puis supprimez de ce graphe les arcs du scénario de perturbations de référence.
- 3) Calculez les plus courts chemins dans ce graphe routier perturbé.
- 4) Créez le graphe du simplexe correspondant au problème d'affectation pour la première distribution des besoins des sites d'intervention. *Pour cela, créez un graphe dirigé vide. Puis, créez les nœuds des sites d'intervention avec leur niveau de besoins associé. Puis, créez les nœuds correspondant au personnel. Enfin, créez les arcs qui relient chaque personne à tous les sites d'intervention possibles en utilisant les distances calculées dans la question 1.3.*
- 5) Résoudre le problème avec [network simplex](#), puis refaire le calcul pour la deuxième distribution des besoins des sites d'intervention.

Partie 2 : Evaluer les impacts des incertitudes sur la solution optimale en refaisant les calculs d'optimisation pour chaque route pouvant être perturbée.

- 1) En partant du graphe routier déjà perturbé à la question 1.2 (scénario de référence), supprimez la première route (incertaine) pouvant être aussi perturbée (29,43).
- 2) Recalculez les plus courts chemins dans ce nouveau graphe routier perturbé. Puis, créez le graphe du simplexe correspondant à cette nouvelle situation.
- 3) Résoudre le problème. Puis comparez les résultats. *Pour cela, on pourra bien entendu faire la différence entre les coûts pour quantifier un coût lié à cette nouvelle configuration réseau. Mais il faut aussi comparer les*

dictionnaires d'affectation, pour connaître le niveau de similitude entre les deux solutions et le coût de l'erreur commise.

- 4) Faire une boucle qui va effectuer ces calculs pour chaque route (incertaine) pouvant être aussi perturbée. Pour cela, pensez à stocker les informations des arcs supprimés pour les remettre avant de commencer une nouvelle itération.
- 5) Refaire ces calculs pour la deuxième distribution des besoins des sites d'intervention.

Partie 3 : Evaluer ces mêmes impacts pour des scénarios avec des perturbations plus nombreuses.

- 1) En partant du graphe routier déjà perturbé à la question 1.2 (scénario de référence), supprimez les deux premières routes (incertaines) pouvant être perturbées [(29,43),(20,36)].
- 2) Évaluez les impacts de ce scénario pour les deux distributions de besoins. *Il est normal que la résolution, la création du graphe du simplexe, voire pour certaine version de python le calcul des plus courts chemins, posent des problèmes. N'hésitez pas à représenter le graphe routier pour comprendre. Néanmoins, seule la résolution dans la première distribution des besoins doit rester ici sans solution.*
- 3) Pour la première distribution des besoins, trouver une solution permettant de minimiser le nombre de personnes ne pouvant pas être affectés à un site.

Pour aller plus loin : On l'aura compris, dans le domaine du risque compte-tenu des incertitudes, une solution optimale pour un scénario d'endommagements donné n'est pas nécessairement une bonne solution pour d'autres scénarios pourtant très proches. Il convient donc plutôt de développer des solutions proches de l'optimal pour différents scénarios. Comment faire cela algorithmiquement ?