



École des sciences de la gestion
Département de management et
technologie
Université du Québec à Montréal



PLAN DE COURS

ADM 995C

Design des réseaux logistiques et de transport

Teodor Gabriel Crainic

Chaire en management logistique
Département management et technologie
École des sciences de la gestion, UQAM
325, rue Sainte-Catherine Est, R-5305
teodor.crainic@uqam.ca
TeodorGabriel.Crainic@cirrelt.ca
514 987 3000 poste 4848
514 343 7143

Programme de doctorat conjoint en administration

Automne 2012

Jeudi 9h30- 12h30

Présentation – Contexte et motivation

Le transport et la logistique occupent une place de premier plan dans le développement, l'organisation et le fonctionnement de la société humaine. La plupart de nos activités sociales, économiques et de loisir requièrent le déplacement rapide, efficace et à (relativement) bas coût de personnes, de biens et d'information et ne seraient pas réalisables sans les infrastructures, services et activités logistiques et de transport. La logistique est centrée sur la planification et la coordination des flux physiques, d'information et de décision dans l'entreprise ainsi qu'entre l'entreprise et ses partenaires. Le transport des marchandises constitue ainsi une composante essentielle de tout réseau logistique. La popularité grandissante de la fonction et de la pensée « logistique », tant dans les entreprises que dans le milieu académique, s'explique par sa démarche innovatrice qui remet en question les principes traditionnels de l'organisation de l'entreprise souvent marqués par un fort cloisonnement fonctionnel. Le management logistique, ou gestion des chaînes et réseaux de valeur, repose en effet sur une vision transversale et globale de l'ensemble de la chaîne logistique, depuis l'acquisition des matières premières jusqu'à la vente des produits finis aux consommateurs ou la prestation de services à des bénéficiaires. En adoptant ce point de vue systémique, le management logistique s'est inscrit plus que jamais dans les diverses dimensions liées à la stratégie de développement des organisations.

Plusieurs facteurs influencent l'évolution des systèmes logistiques et de transport des marchandises. Mentionnons-en trois, sans oublier les aléas et soubresauts de l'économie mondiale et du secteur financier :

- La globalisation des marchés, la création de zones désignées de libre-échange et l'émergence de « nouvelles » économies (la Chine, l'Inde, le Brésil, etc.) entraînent la restructuration des secteurs de fabrication et de distribution : relocalisation d'unités de production, création d'entrepôts transnationaux centralisés et de centres de distribution à valeur ajoutée, longs déplacements des composantes requises pour l'assemblage final de produits industriels complexes, des matières premières et des produits finis, mettant à rude épreuve l'approvisionnement en flux tendu («just in time») des processus industriels et du commerce du détail, etc.
- Les préoccupations, voir les inquiétudes relatives à l'environnement et à l'impact sur celui-ci des activités humaines qui sont de plus en plus centrales dans les processus de décision politiques et économiques. Les lois et règlements qui en découlent, ou qui sont envisageables, ont un impact direct et significatif sur les activités de production de biens et de services et, en particulier, sur l'industrie du transport et de la logistique. L'émergence et la croissance de la logistique « verte », intégrant les préoccupations environnementales dans les décisions logistiques, illustrent cette tendance. Le Canada, comme les autres pays, se doit de réduire les émissions de gaz à effet de serre, ce qu'il peine à réaliser. Le transport, tant urbain que sur de longues distances, est responsable d'une grande partie de ces émissions. Le transport des marchandises contribue également à la congestion et à la diminution de la mobilité dans les centres urbains et, ainsi, au sentiment de détérioration des conditions de vie des habitants des villes
- Le développement des affaires électroniques, et des échanges basés sur l'Internet en général, contribue à augmenter la compétition et à élargir l'espace économique des firmes d'ici et d'ailleurs. Ces technologies facilitent les relations de la firme avec ses fournisseurs,

partenaires et clients, tout en dotant l'ensemble des intervenants d'outils permettant d'influencer le comportement de la chaîne. Elles amplifient ainsi les défis d'adaptation, d'évolution et de développement de l'entreprise relativement, en particulier, à l'intégration de nouvelles technologies et à l'adoption de nouvelles méthodes de planification et d'opération. L'émergence de nouveaux services et activités, telles les ventes en ligne, et l'augmentation rapide des marchés électroniques ne sont que quelques-uns des effets de la prolifération de la société électronique.

La combinaison de ces facteurs résulte en une demande sans cesse croissante de transport et dans l'augmentation significative de l'importance de la fonction logistique. Elle implique également la nécessité de mettre en place, de planifier et d'exploiter des systèmes logistiques et de transport efficaces, fiables, de qualité, « verts » et souples, capables de réagir rapidement aux changements à court et à long terme dans l'environnement économique, social et politique, dans le besoin de contrôler et réduire les coûts de fonctionnement de ces systèmes, ainsi que dans l'augmentation du transport multi et intermodal.

Des méthodes et techniques efficaces, puissantes et intelligentes d'analyse, de planification et de gestion des systèmes et des opérations sont requises afin de relever ces défis. La recherche opérationnelle est au cœur de cette intelligence. Les modèles et méthodes de recherche opérationnelle, intégrés aux systèmes de gestion d'information de l'entreprise, analysent et transforment les données en information utile pour les processus de planification et de gestion.

Ce cours porte sur la planification intégrée des systèmes logistiques et de transport, en particulier sur les problèmes de design, ou de conception, des réseaux et services logistiques et de transport. Les modèles et méthodes étudiés dans le cadre du cours traitent une large gamme de problèmes à tous les niveaux de planification de réseaux logistiques ou de transport, de la conception à long terme de la structure physique et opérationnelle des systèmes, à la sélection des plans de production et de distribution, du design des routes, services et horaires de transport, à la sélection des fournisseurs de biens et de services.

Objectifs du cours

Le cours traite des classes importantes de problèmes de design de réseaux logistiques et de transport. Le cours présente les principaux modèles et méthodes permettant d'analyser et de traiter ces problèmes et discute les plus importants contextes d'application. Le cours vise l'acquisition de connaissances et le développement de compétences et d'expertises. Il vise surtout le développement des capacités d'analyse et de modélisation des étudiants dans un contexte tant de recherche que d'application.

Approche pédagogique

Le cours est basé sur la participation active des étudiants. Des lectures seront données pour chaque séance de cours et les présentations du professeur seront complétées par des discussions et interventions de la part des étudiants. Un séminaire par un conférencier invité fera également

partie intégrante du cours. Les étudiants mettront en pratique les connaissances acquises dans le cours par la réalisation d'un projet en entreprise.

Professeur titulaire

Teodor Gabriel Crainic, PhD, MSRC
Département management et technologie
École des sciences de la gestion, UQAM
R 5305
514 987 3000 poste 4848 ou 514 343 7143
crainic.teodor@uqam.ca ou TeodorGabriel.Crainic@cirrelt.ca
www.chairecrsnglogistique.uqam.ca

Matériel pédagogique

Des articles en design des réseaux logistiques et de transport (une bonne partie de ces articles apparaissent dans la liste des références de ce syllabus).

Évaluation

Nombre	Forme de l'évaluation	Pondération
3	Rapports de lecture	30% (3 * 10%)
1	Travail pratique (écrit)	30%
1	Examen final (écrit)	20%
1	Présentation en classe	20%

Rapports de lecture. Évaluation individuelle (30%)

Chaque étudiant devra remettre 3 rapports de lecture d'articles sélectionnés. Chaque rapport compte pour 10%. Les rapports doivent contenir un résumé de l'article, ainsi que des commentaires sur sa pertinence, originalité, points forts, faiblesses, etc. L'évaluation portera sur la justesse, la pertinence et l'originalité des commentaires (la difficulté de l'article sera prise en considération), ainsi que sur la forme du rapport.

Travail pratique. Individuel ou par équipe de deux étudiants (30%).

Entrer en contact avec une entreprise qui exploite ou fait partie d'un réseau logistique ou de transport et identifier un cas de planification/gestion se rapportant aux problématiques traitées dans le cours. Décrire l'entreprise et ses réseaux logistiques ou de transport. Décrire le problème identifié, son importance pour l'entreprise et la façon dont il est traité actuellement. Proposer un

modèle mathématique pour le problème choisi et discuter des avenues de résolution envisageables. Commenter la façon actuelle de traiter le problème et, éventuellement, proposer des améliorations à la lumière des enseignements du cours.

L'évaluation se fera à partir d'un rapport de 15 à 20 pages (sans compter les annexes) et d'une présentation en classe (voir plus bas). Tant le contenu que la forme du rapport et de la présentation seront évalués.

Examen final. Évaluation individuelle (20%).

Un ensemble de questions portant sur l'ensemble de la matière vue en classe et des articles spécifiés. Les étudiants auront plusieurs jours pour préparer et remettre leurs réponses par écrit (par courriel). Une présentation en classe complètera l'évaluation (item suivant).

Présentation en classe. Évaluation individuelle (20%).

Présentation du projet et rapport de « travail pratique », ainsi que des questions et articles de l'examen final.

Plan de cours

Introduction **Séance 1, 6 septembre**

- Logistique et transport
- Design des systèmes et des services logistiques et de transport
- Vision, objectifs, méthodologie et plan du cours
- Systèmes logistiques à 1 échelon - Sélection d'installations ou de services
- Problèmes de localisation et affectation (capacités et multi-produits)

Systèmes logistiques **Séances 2 - 4, 13, 20 et 27 septembre**

- Systèmes logistiques à plusieurs échelons
- Planification stratégique et tactique
- Sélection simultanée de plusieurs types d'installations et de services de transport
- Planification multi-périodes
- Planification intégrée (production, inventaires, acheminements et distribution)

Problèmes de chargement – « packing » - en logistique et transport

Séances 5 et 6, 21 et 28 septembre par *Professeur Guido Perboli, École Polytechnique de Turin, Italie*

- Introduction aux problèmes de packing
- Nouveaux problèmes de packing mono-dimensionnels en logistique et transports
- Problèmes de packing multi-dimensionnels
- Équilibrage des charges dans le packing multi-dimensionnel

Systemes de transport avec consolidation **Séances 7 et 8, 4 et 18 octobre**

- Design des plans de transport : Sélection des services, fréquences, acheminements
- Problèmes statiques et multi-périodes
- La gestion des ressources dans la planification stratégique/tactique
- Applications : camionnage, transport ferroviaire, etc.

Travail pratique **Séance 9, 11 octobre**

Systemes avec double consolidation **Séance 10, 25 octobre**

- Illustration : le transport ferroviaire de marchandises
- Consolidation à deux niveaux et design du plan et horaire des services

Incertitude et planification **Séance 11, 1 novembre**

- Motivations
- Sources de l'incertitude
- Approches de modélisation
- Planification de la capacité des systèmes logistiques

La logistique urbaine **Séance 12, 8 novembre**

- Problématique, historique, types de systèmes et de modèles d'affaires
- Problèmes de design, d'évaluation, de planification et de gestion
- Conception et planification des systèmes (multi échelons)
- Perspectives et défis

« Nouveaux » systèmes de transport **Séance 13, 15 novembre**

- Systèmes de transport multi-modes
- Les « ports intérieurs »
- Internet Physique

Travail pratique et examen final (écrit) **29 novembre et 6 décembre**

Présentations des étudiants **13 décembre**

Références

1. Andersen, J., Crainic, T.G., Christiansen, M., Service Network Design with Asset Management: Formulations and Comparative Analyzes, *Transportation Research Part C: New Technologies* 17(2): 197-207, 2009.
2. Andersen, J., Crainic, T.G., Christiansen, M., Service Network Design with Management and Coordination of Multiple Fleets, *European Journal of Operational Research* 193(2): 377-389, 2009.
3. Armacost, A.P., Barnhart, C., Ware, K.A., Composite Variable Formulations for Express Shipment Service Network Design, *Transportation Science* 36(1):1-20, 2002.
- 4.
5. Cordeau, J.-F., Pasin, F., Solomon, M.M., An Integrated Model for Logistics Network Design, *Annals of Operations Research* 144:59-82, 2006.
6. Crainic, T.G., Service Network Design in Freight Transportation, *European Journal of Operational Research* 122(2): 272-288, 2000.
7. Crainic, T.G., Kim K.H., Intermodal Transportation, dans *Transportation*, volume 14 des *Handbooks in Operations Research and Management Science*, C. Barnhart et G. Laporte (eds.), North-Holland, Amsterdam, 467-537, 2007.
8. Crainic, T.G., Rousseau, J.-M., Multimode, Multicommodity Freight Transportation: A General Modelling and Algorithmic Framework for the Service Network Design Problem, *Transportation Research Part B: Methodological* 20(3): 225-242, 1986.
9. Crainic, T.G., Ricciardi, N., Storchi, G., Advanced Freight Transportation Systems for Congested Urban Areas, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 12(2):119-137, 2004.
10. Crainic, T.G., Ricciardi, N., Storchi, G., Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems, *Transportation Science* 43(4): 432-454, 2009.
11. Current, J., Daskin, M., Schilling, D., Discrete Network Location Models, dans *Facility Location: Applications and Theory*, Z. Drezner et H. Hamacher (eds.), Springer Verlag, Berlin, 2ème édition, 81-118, 2004
12. Goetschalckx M., Vidal C.J., Dogan K., Modelling and Design of Global Logistics Systems: A Review of Integrated Strategic and Tactical Models and Design Algorithms, *European Journal of Operational Research* 143(1): 1-18, 2002.
13. Harrison T.P., Principles for the Strategic Design of Supply Chains, dans T.P. Harrison, H.L. Lee et J.J. Neale (eds.), *The Practice of Supply Chain Management*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA., 3-12, 2003.
14. Klibi, W., Martel, A., Guitouni, A., The Design of Robust Value-Creating Supply Chain Networks: A Critical Review, *EJOR* 203: 283-293, 2010.
15. Klose, A., Drexl, A., Facility Location Models for Distribution System Design, *European Journal of Operational Research* 162(1):4-29, 2005.
16. Lin, J.-R., Nozick, L.K., Turnquist, M.A., Strategic design of distribution systems with economies of scale in transportation, *Annals of Operations Research* 144:161-180, 2006.
17. Lium, A.-G., Crainic, T.G., Wallace, S., Stochastic Service Network Design: The Importance of Taking Uncertainty into Account, *Transportation Science* 43(2): 144-157, 2009.
18. Magnanti, T.L., Wong, R.T., Network Design and Transportation Planning: Models and Algorithms, *Transportation Science* 18(1):1-55, 1984.

19. Martel, A., The Design of Production-Distribution Networks: A Mathematical Programming Approach, dans *Supply Chain Optimization*, J. Geunes, P.M. Pardalos (eds.), Springer, New York, 165-306, 2005.
20. Melo, M.T., Nickel, S., Saldanha da Gama, F., Dynamic Multi-Commodity Capacitated Facility Location: A Mathematical Modeling Framework for Strategic Supply Chain Planning, *Computers & Operations Research* 33: 181-208, 2005.
21. Muriel, A., Simchi-Levi, D., Supply Chain Design and Planning – Applications of Optimization Techniques for Strategic and Tactical Models, dans *Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation* A.G. De Kok et S.C. Graves (eds), volume 11 des *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Elsevier, Amsterdam, 17-93, 2003.
22. Pedersen, M.B., Crainic, T.G., Madsen, O.B.G., Models and Tabu Search Meta-heuristics for Service Network Design Model with Asset-Balance Requirements, *Transportation Science* 43(2): 158-177, 2009.
23. Simchi-Levi, D., Simchi-Levi, E., Watson, M., Tactical Planning for Reinventing the Supply Chain, dans T.P. Harrison, H.L. Lee et Neale J.J. (Eds), *The Practice of Supply Chain Management*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA., 13-30, 2003.
24. Smilowitz K.R., Atamtürk A., Daganzo C.F., Deferred Item and Vehicle Routing Within Integrated Networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation* 39: 305-323, 2003.
25. Vidal, C., Goetschalckx, M., Strategic Production – Distribution Models: A Critical Review with Emphasis on Global Supply Chain Models, *European Journal of Operational Research* 98(1):1-18, 1997.
26. Vidal, C., Goetschalckx, M., A Global Supply Chain Model with Transfer Pricing and Transportation Cost Allocation, *European Journal of Operational Research* 129, 134-158, 2001.

Quelques autres ouvrages d'intérêt

27. Abrache, J., Crainic, T.G. et Gendreau, M., Design Issues for Multi-object Combinatorial Auctions, *4OR* 2(1):1-33, 2004.
28. Balakrishnan, A., Magnanti, T.L. et Wong, R.T., A Dual-Ascent Procedure for Large--Scale Uncapacitated Network Design, *Operations Research* 37(5): 716-740, 1989.
29. Balakrishnan A, Magnanti T.L. et Mirchandani. P., Network Design, dans M. Dell'Amico, F. Maffoli et S. Martello (eds), *Annotated bibliographies in combinatorial optimization*, John Wiley & Sons: New York, NY, 311-334, 1997.
30. Barnhart, C., Jin, H., , 2009. Vance, P.H., Railroad Blocking: A Network Design Application, *Operations Research* 48(4):603-614, 2000.
31. Bauer J., Bektas T., Crainic T.G. (2010), Minimizing Greenhouse Gas Emissions in Intermodal Freight Transport: An Application to Rail Service Design, *Journal of the Operational Research Society* 61: 530-542, 2010.
32. Campbell, J.F., Ernst, A.T., Krishnamoorthy, M., Hub Location Problems, dans *Facility Location: Applications and Theory*, Z. Drezner et H. Hamacher (eds.), Springer Verlag, Berlin, 2ème édition, 373-407, 2004.

33. Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B., Ronen, D., Maritime Transportation, dans *Transportation*, volume 14 des *Handbooks in Operations Research and Management Science*, C. Barnhart et G. Laporte (eds.), North-Holland, Amsterdam, 189-284, 2007.
34. Christiansen, M., Fagerholt, K. et Ronen, D., Ship Routing and Scheduling: Status and Perspectives, *Transportation Science* 32(1):1-18, 2005.
35. Cordeau, J.-F., Toth, P., Vigo, D., A Survey of Optimization Models for Train Routing and Scheduling, *Transportation Science* 32(4): 380-404, 1998.
36. Crainic, T.G., Gendreau, M., Potvin, J.-Y., Intelligent Freight Transportation Systems: Assessment and the Contribution of Operations Research, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 17: 541-557, 2009.
37. Crainic, T.G., Frangioni, A., Gendron, B., Bundle-Based Relaxation Methods for Multicommodity Capacitated Network Design, *Discrete Applied Mathematics* 112(1-3): 73-99, 2001.
38. Crainic T.G., Fu X., Gendreau M., Rei W., Wallace S.W., Progressive Hedging-based Metaheuristics for Stochastic Network Design, *Networks* 58(2): 114-124, 2011.
39. Crainic T.G. et Florian, M., Modèles de recherche opérationnelle pour la planification des systèmes de transport, dans *Optimisation combinatoire : applications*, V. Th. Paschos (ed.), Hermès, Paris, 118-152, 2005.
40. Crainic T.G. et Semet, F., Recherche opérationnelle et transport de marchandises, dans *Optimisation combinatoire : applications*, V. Th. Paschos (ed.), Hermès, Paris, 47-115, 2005.
41. Crainic, T.G., Long-Haul Freight Transportation, dans *Handbook of Transportation Science*, R.W. Hall (ed.), 2ème édition, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA., 451-516, 2003.
42. Crainic, T.G. et Laporte G., Planning Models for Freight Transportation, *European Journal of Operational Research* 97(3): 409-438, 1997
43. Crainic, T.G. et Speranza, M.G., Logistics and the Internet, dans *Logistics Engineering Handbook*, G.D. Taylor (Ed.), Taylor and Francis Group, chapitre 24, 1—14, 2008.
44. Croxton, K.L., Gendron, B., Magnanti, T.L., Models and Methods for Merge-in-Transit Operations, *Transportation Science* 37(1): 1-22, 2003.
45. De Kok, A.G. et Graves, S.C., (eds), *Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation*, volume 11 des *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Elsevier, Amsterdam, 2003.
46. Drezner, Z. et Hamacher, H. (eds.), *Facility Location: Applications and Theory*, 2ème édition, Springer Verlag, Berlin, 2004.
47. Ghamlouche I., Crainic T.G. et Gendreau M., Cycle-based Neighbourhoods for Fixed-Charge Capacitated Multicommodity Network Design, *Operations Research* 51(4):655-667, 2003.
48. Ghamlouche, I., Crainic, T.G., Gendreau, M., Path Relinking, Cycle-based Neighbourhoods and Capacitated Multicommodity Network Design, *Annals of Operations Research* 131: 81-118, 2004.
49. Ghiani, G., Laporte, G. et Musmanno, R., *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*, John Wiley & Sons, Chichester, UK., 2004.
50. Harrison T.P., Lee H.L. et Neale J.J. (Eds), *The Practice of Supply Chain Management*, Academic Publishers, Norwell, MA., 2003.
51. Holmberg, K., Yuan, D., A Lagrangean Heuristic Based Branch-and-Bound Approach for the Capacitated Network Design Problem, *Operations Research* 48(3): 461-481, 2000.
52. Kasilingam R.G., *Logistics and Transportation*, Kluwer, 1998.

53. Labbé M., Peeters D. et Thisse J.-F., Location on Networks, dans *Network Routing, Handbooks in Operations Research and Management Science*, volume 8 des *Handbooks in Operations Research and Management Science*, M. Ball, T.L. Magnanti, C.L. Monma et G.L. Nemhauser (eds), North-Holland, Amsterdam, 551-624, 1995.
54. Labbé M., Yaman, H. et Gourdin, E., A Branch and Cut Algorithm for Hub Location Problems with Single Assignment, *Mathematical Programming* 102(2):371-405, 2005.
55. Macharis, C. et Bontekoning, Y.M., Opportunities for OR in Intermodal Freight Transport Research: A Review, *European Journal of Operational Research* 153(2): 400-416, 2004.
56. Mentzer, J.T., Myers, M.B. et Stank, T.P., (Eds.), *Handbook of Global Supply Chain Management*, Sage Publications, Thousand Oaks, CA, 2007.
57. Quilliot, A., Les problèmes de synthèse de réseaux : modèles et applications, dans *Optimisation combinatoire : applications*, V. Th. Paschos (ed.), Hermès, Paris, 349-384, 2005.
58. Shapiro, J.F., *Modeling the Supply Chain*, Duxbury, 2001.
59. Simchi-Levi D., David Wu, S. et Shen, Z.-J., *Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-Business Era*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA., 2004.
60. Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. et Simchi-Levi, E., *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*, 2ème édition, Irwin-McGraw Hill, Boston, MA., 2002.
61. Sussman, J., *Introduction to Transportation Systems*, Artech House, 2000.
62. Taniguchi, E. et Thompson, R.G., Modeling City Logistics, *Transportation Research Record* 1790:45-51, 2002.
63. Taniguchi, E., Thompson, R.G., Yamada, T. et Duin, J.H.R. van, *City Logistics: Network Modelling and Intelligent Transport Systems*, Pergamon, Amsterdam, 2001.
64. Thompson, R.G. et Taniguchi, E., City Logistics and Transportation, *Handbook of Logistics and Supply-Chain Management*, Elsevier, Amsterdam, 393-405, 2001.
65. www.citylogistics.org The Institute for City Logistics, Kyoto University
66. www.transports-marchandises-en-ville.org City Logistics en français
67. www.bestufs.net Best Urban Freight Solutions