

# **Symposium sur le Programme conjoint de recherche sur les interdépendances relatives aux infrastructures (PCRII)**

*Tenu par le ministère de la Sécurité publique et la Protection  
civile du Canada (SPPCC)*

**Le 10 novembre 2005  
Hôtel et appartements Capital Hill  
88, rue Albert  
Ottawa (Ontario)**

**Rapport du symposium**

**Mansell, Rankin and Associates  
198, avenue Holmwood  
Ottawa (Ontario) K1S 2P4  
Tél. : (613) 232-6423**

# Table des matières

<b>1-Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>2-Remarques préliminaires.....</b>	<b>3</b>
<b>3-Présentations .....</b>	<b>4</b>
3.1-Prise de décisions pour les liens essentiels du réseau des infrastructures .....	4
<i>Jose Marti, University of British Columbia</i>	
3.2-Modéliser les interdépendances pour la gestion des mesures d'urgence.....	8
<i>Vincent Tao, Université York</i>	
3.3-Interdépendances et effets domino dans le réseau de survie .....	11
<i>Benoît Robert, École Polytechnique de Montréal</i>	
3.4-Mettre au point un modèle d'interdépendances des infrastructures .....	14
<i>Tamer El-Diraby, University of Toronto</i>	
3.5-Modèles qui simulent les réseaux d'infrastructures essentielles .....	17
<i>Wenjum Zhang, University of Saskatchewan</i>	
3.6-Améliorer la résilience des infrastructures du réseau d'aqueduc .....	20
<i>Edward McBean, University of Guelph</i>	
<b>4-Période de discussion générale .....</b>	<b>23</b>

## 1-Introduction

Le 10 novembre 2005, le ministère de la Sécurité publique et de la Protection civile du Canada (SPPCC) a accueilli le premier symposium annuel du Programme conjoint de recherche sur les interdépendances et des infrastructures (PCRII). Le symposium visait à présenter les résumés de haut niveau, la raison d'être, la portée, le calendrier et la situation des six projets de recherche du PCRII.

Le Programme conjoint de recherche sur les interdépendances des infrastructures fait partie des travaux nationaux visant à protéger le Canada des menaces et des vulnérabilités qui ont augmenté à la suite de la complexification et l'interconnectivité progressives de son infrastructure essentielle. Le programme est financé conjointement par SPPCC et par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNGC). Le symposium a permis de réunir des chercheurs, des universitaires, des cadres gouvernementaux et d'autres intervenants afin de leur donner l'occasion de découvrir le programme de recherche, ainsi que de se rencontrer et d'établir des réseaux avec des gens ayant des intérêts similaires en matière de recherche.

Le présent document résume les principaux points abordés par les chercheurs au cours de leurs présentations aux participants au symposium. Il fait également état des remarques préliminaires des co-hôtes du symposium, Janet Walden, vice-présidente des Programmes de partenariats de recherche au CRSNGC, et Janet Bax, directrice principale, Programme de fiabilité des infrastructures essentielles, Sécurité publique et Protection civile Canada. En outre, le rapport renferme les commentaires et les points abordés au cours des périodes de questions et réponses.

*(Nota : Pour de plus amples renseignements sur le contenu des présentations des chercheurs, on est prié de visiter le site Web de SPPCC où se trouvent les diapositives en PowerPoint que chaque chercheur a réunies pour le symposium.)*

## **2-Remarques préliminaires**

Dans leurs remarques préliminaires, Janet Walden et Janet Bax ont fait état de la valeur des chercheurs et de leurs partenaires réunis pour mettre en commun leurs connaissances et pour examiner les difficultés qui les attendent à mesure qu'avance le PCRII. Ce qui suit représente les principaux messages transmis au cours de la séance d'ouverture du symposium.

### **Janet Walden, vice-présidente des Programmes de partenariats de recherche au CRSNGC**

- Ce symposium concerne essentiellement les partenariats : c'est l'occasion pour la collectivité des chercheurs de se réunir afin de voir quelle aide elle peut apporter relativement aux questions concernant l'infrastructure du Canada.
- Un des grands buts du symposium est de bien saisir quels liens nouveaux sont apparus dans les infrastructures canadiennes.
- Les six projets de recherche qui sont présentés pour l'occasion mettront au jour bon nombre des problèmes qui nous attendent.
- Ce projet est nouveau pour le CRSNGC de sorte que nous travaillons en étroite collaboration avec SPPCC pour nous aider à définir ce domaine de recherche plus clairement.
- Il est important de se rappeler que les synergies qui apparaissent au cours de symposiums tels que celui-ci continueront d'influencer les programmes de recherche à venir.

### **Janet Bax, directrice principale, Programme de fiabilité des infrastructures essentielles, Sécurité publique et Protection civile Canada**

- Le gouvernement ne réussit pas toujours à bien fonctionner de façon horizontale, et c'est pourtant indispensable au succès du PCRII.
- On réussira à établir une infrastructure nationale essentielle, si les chercheurs et les partenaires collaborent bien de façon horizontale. Ce symposium est une occasion de tenter d'y travailler.
- Il est nécessaire de convaincre les politiciens de l'importance de la recherche, et de la qualité des recherches effectuées.
- Pour y arriver, il est important de leur montrer en quoi les recherches faites sont utiles.
- Il est également nécessaire de trouver des façons de mettre en commun le fruit des recherches et de l'appliquer aux problèmes concrets.
- Un élément clé de l'application des recherches aux problèmes concrets consiste en l'application à l'infrastructure nationale essentielle.

## 3-Présentations

### 3.1-Prise de décisions pour les liens essentiels du réseau des infrastructures

#### Jose Marti, University of British Columbia

La présentation de M. Marti portait essentiellement sur la façon de prendre efficacement des décisions sur l'infrastructure essentielle en situation d'urgence. Ce qui suit résume les principaux éléments abordés au cours de sa présentation.

#### *Aperçu du projet*

- Le grand objectif du projet est d'appliquer la théorie des systèmes dans le but de sauver des vies humaines.
- Le grand objectif et la priorité de la gestion des catastrophes est de maximiser les taux de survie des humains.
- L'un des grands problèmes en cas de catastrophe, c'est que si une infrastructure essentielle tombe en panne, les autres suivent. Les infrastructures « se nuisent alors mutuellement » lorsqu'elles tentent de reprendre leurs activités.
- Comme les responsables de chaque infrastructure (électricité, eau, etc.) savent très bien comment assurer la reprise de leur système, le but du présent projet est de se concentrer uniquement sur la *coordination* de la reprise.
- La coordination efficace dépend de la compréhension très juste des conséquences d'une décision concernant un système sur les autres systèmes.

#### *Les exigences de la survie*

- Des mesures doivent être prises sur place rapidement et efficacement en cas de situation d'urgence.
- À cette fin, il est essentiel que les responsables des systèmes de soutien comprennent clairement quels sont les besoins des victimes.
- Un certain nombre d'éléments sont cruciaux pour s'assurer que le plus grand nombre de personnes possible survivront à une catastrophe. Ces éléments ou « gages essentiels à la survie » incluent la nourriture, l'eau, l'hébergement, les communications personnelles, le contrôle des mouvements de panique, les soins de santé, la désinfection, les préparatifs individuels et le bon ordre social.
- La maîtrise des mouvements de panique est un élément important des gages essentiels à la survie, car il est beaucoup plus difficile d'assurer la reprise à la suite d'une catastrophe et de gérer cette reprise si les gens paniquent. La maîtrise des mouvements de panique est importante aussi parce que l'ordre public se dégrade lorsque la panique s'installe.
- Au cours d'une situation d'urgence, il est essentiel que les gens qui ont la garde des gages de survie les fournissent rapidement aux victimes et aux premiers intervenants.

- Dans un tel système, il est important que l'emplacement des survivants soit clairement déterminé.

### ***Assurer les gages de survie***

- Un certain nombre d'éléments dans une infrastructure essentielle dépendent les uns des autres. (Par exemple, les systèmes d'aqueduc ne fonctionnent pas sans électricité.)
- Pour que les survivants reçoivent les gages de survie, il faut que les infrastructures interdépendantes fonctionnent de façon coordonnée.
- Ce « réseau de survie » est un système comportant de multiples gages touchant plusieurs infrastructures interdépendantes fonctionnant conjointement pour maximiser les taux de survie.
- On peut dire que les gages nécessaires au fonctionnement du réseau de survie sont de deux ordres : physiques (p. ex. l'électricité, la nourriture, l'eau et les médicaments) et professionnels (p. ex. la sensibilisation, les soins infirmiers, les soins médicaux, ainsi que les interventions des pompiers et des policiers).

### ***Prise de décisions et coordination***

- Le réseau de transport nécessaire pour fournir les gages comporte un certain nombre de « strates ».
- La strate humaine est très importante étant donné qu'en situation d'urgence, un grand nombre de décisions doivent être prises et que beaucoup d'activités de coordination doivent avoir lieu aux points d'interdépendance des infrastructures.
- Un exemple de décision à prendre en situation d'urgence, c'est le choix à faire s'il était impossible de rétablir l'électricité dans tout le système. Le cas échéant, le preneur de décisions aurait à déterminer les secteurs prioritaires de l'infrastructure à alimenter en électricité.
- Ce qui est important pour le preneur de décisions, c'est de coordonner la séquence des actions qui permettront de sauver le plus grand nombre de vies possible.
- Une matrice de transmission est un outil utile qui permet de constater les liens d'interdépendance entre les divers systèmes.
- La matrice peut incorporer tous les renseignements nécessaires à l'évaluation de l'indice de capacité de survie d'un système et elle peut permettre la coordination dynamique des actions visant la survie à une catastrophe.

### ***Îlotage***

- Une autre technique permettant de hausser l'indice de capacité de survie d'un système, c'est l'îlotage. Cette technique peut être appliquée au cours des premiers moments d'une catastrophe pour empêcher la panique et d'autres dangereux mouvements en cascade.
- L'îlotage est une stratégie efficace bien connue de segmentation des réseaux et elle empêche les effets en cascade.
- Un îlot peut survivre de façon autonome pendant une période limitée au-delà de laquelle l'aide doit être coordonnée et fournie de l'extérieur.
- L'îlotage augmente également la possibilité que l'aide de l'extérieur parvienne à chaque sous-région.

- Ce faisant, on contrôle la panique et on accélère le processus d'acheminement des gages essentiels aux survivants.

### *Simulations et gestion de catastrophe*

- Pour gérer efficacement les situations d'urgence de grande ampleur, les gestionnaires des infrastructures doivent se réunir dans une « salle de coordination en cas de catastrophe » pour coordonner les mesures d'interdépendance.
- Le cas échéant, un simulateur plus rapide qu'en temps réel (SIMND – simulateur de nœuds distribués) sera à leur disposition pour tester les mesures avant de les appliquer aux situations véritables.
- Le simulateur SIMND permet de mettre en oeuvre le concept de sous-systèmes d'infrastructures individuelles interconnectés par des liens d'interdépendance.
- Le simulateur sera un outil précieux pour trouver des façons d'aborder les catastrophes.

### *Séances de questions et réponses*

Les éléments suivants sont les principaux points abordés au cours de la période de questions et réponses.

#### *SIG*

- L'équipe est sur le point d'entreprendre une étude pour étudier la façon d'utiliser efficacement le système d'information géographique (SIG).
- À l'avenir, le SGI constituera un outil important de visualisation pour le projet.
- Le SIG sera utilisé pour définir la sensibilité du simulateur que l'équipe mettra au point.

#### *Communications au cours d'une situation d'urgence*

- Les communications d'îlot à îlot sont possibles en situation d'urgence. Il se peut cependant que les communications ne soient pas optimales.
- Avant même que se produise une catastrophe, l'infrastructure doit être aussi solide que possible, pour minimiser les pannes de communication.

#### *Établissement des priorités au moment de la reprise à la suite d'une urgence*

- L'élément clé de l'établissement des priorités est la détermination des conduites d'alimentation essentielles, avant même la catastrophe.
- Les principales sous-stations seront les premières à être réalimentées en électricité.
- Le système doit être établi pour que les priorités puissent être rectifiées à mesure qu'évolue la catastrophe.
- Durant le rétablissement de l'électricité, la grande priorité consiste à ce que le réseau fonctionne aussi vite que possible. Il est cependant important de noter que cela ne signifie toujours pas que l'électricité sera rétablie dans tout le réseau.
- Lorsqu'en situation d'urgence on tente d'établir les priorités, chaque problème et chaque situation sont différents.

- Hydro Ontario fait le nécessaire pour tenir compte des autres groupes au cours de la reprise à la suite d'une situation d'urgence.

*Simulations*

- Les simulations doivent se faire en temps réel durant les situations d'urgence. Les décisions prises le cas échéant sont toujours les meilleures possibles à chaque moment.
- Le simulateur est dynamique et local.
- Plus on applique de scénarios divers au simulateur, plus on a de chances qu'il permette de déterminer efficacement comment réagir en situation d'urgence.

### **3.2-Modéliser les interdépendances pour la gestion des mesures d'urgence**

#### **Vincent Tao, Université York**

M. Tao s'est concentré sur l'établissement d'un modèle d'interdépendances à des fins de gestion des situations d'urgence utilisant des systèmes d'aide à la décision géographique. Ce qui suit résume les principaux éléments de sa présentation et expose dans les grandes lignes les points abordés au cours de la séance de questions et réponses.

#### ***Aperçu du projet***

- Le projet aborde la question de la gestion des mesures d'urgence d'un point de vue géométrique (géomatique).
- Les principaux objectifs du projet sont les suivants :
  - étudier l'interdépendance des infrastructures touchant un lieu en particulier (IILP);
  - étudier l'interopérabilité des systèmes pendant les urgences;
  - analyser les interdépendances au moyen d'une méthode reposant sur des scénarios;
  - élaborer et concevoir un prototype pour soutenir la prise de décisions.

#### ***Interdépendance des infrastructures***

- Une situation d'urgence peut entraîner des « effets en cascade ». Par exemple, une panne dans le secteur électrique aura des incidences sur plusieurs autres fonctions d'infrastructures essentielles.
- Ce projet se concentre sur les rapports entre l'interdépendance des infrastructures et la planification des interventions d'urgence.
- La dimension caractérisant l'interdépendance des infrastructures et l'interopérabilité est très complexe, car plusieurs systèmes différents (p. ex., électricité et eau) fonctionnent ensemble de façon intégrée.
- Étant donné que l'on possède déjà énormément de connaissances sur la façon dont les systèmes fonctionnent ensemble, un des grands défis de ce projet consiste à utiliser efficacement toute cette connaissance pour s'assurer de déterminer clairement les interdépendances.

#### ***Les quatre composantes du projet***

- Les quatre principales composantes de ce projet sont l'utilisation de réseaux de capteurs pour recueillir les données; l'intégration d'outils de modélisation qui peuvent utiliser les données; l'établissement d'une base de connaissances; la conception et l'élaboration d'un système distribué d'aide à la prise de décisions.
- Pour exécuter ces composantes du projet, il est important de tenir compte de ce qui suit :
  - L'intégration des outils est essentielle à l'établissement d'une base de connaissances.

- L'intégration des outils de modélisation signifie que l'interopérabilité des systèmes doit être parfaitement comprise.
- Il est essentiel que la base de données soit conçue de façon à ce que l'information puisse effectivement être mise en commun.
- L'information dans la base de connaissances doit être présentée au moyen d'un puissant interface-utilisateur et du SIG.

#### ***Outil du réseau de capteurs***

- Pour utiliser un « réseau de capteurs », il est important de lier les capteurs très largement déployés qui recueilleront et intégreront les données en provenance de diverses sources.
- Le banc d'essai *Geospatial Sensor Web Information Fusion TestBed* (GeoSWIFT) permet l'intégration en temps réel de plusieurs systèmes différents, au moyen de plus de 100 capteurs connectés.

#### ***Outils de modélisation des événements***

- Un des grands objectifs de la modélisation, c'est l'analyse du seuil à partir duquel les problèmes se déclencheront (p. ex. à quel niveau une inondation entraînera-t-elle des problèmes pour l'infrastructure).
- On peut également utiliser des arbres d'événements pour analyser le déroulement logique de ce qui se produira si un événement dangereux, tel qu'un ouragan, survient.
- Les 15 et 16 octobre 1954, l'ouragan Hazel a frappé la région de Toronto. La pluie diluvienne a entraîné le débordement de la rivière Humber et a sérieusement endommagé la ville. On a évalué le coût de la catastrophe à 100 millions de dollars.
- Différentes sections de la rivière Humber et divers autres endroits vulnérables sont maintenant analysés au moyen d'outils tels que la modélisation hydraulique, la modélisation de la dispersion et la modélisation basée sur la logique floue.
- Il est important de se rappeler qu'on est dans l'incertitude lorsqu'on élabore des modèles pour l'analyse des interdépendances. C'est donc dire que des outils comme la modélisation de la logique floue sont très utiles.
- En outre, la modélisation de la dispersion permet d'évaluer de combien de temps on dispose avant de subir de graves dommages en situation d'urgence.

#### ***Outils d'accumulation des connaissances***

- L'équipe de recherche en est aux premières étapes de l'élaboration de la base de connaissances.
- La base de connaissances sera établie au moyen de l'information accumulée par plusieurs secteurs.
- Une composante importante de la base de connaissances sera un moteur d'inférences basé sur des règles. Un moteur d'inférences aidera à répondre à la question : « Si l'événement x survient, quelles mesures suivront? »

#### ***Outil de visualisation et d'intégration spatiales***

- Cet outil combinera les applications de visualisation avec des modèles et des données pour générer une interface visant à aider les preneurs de décisions.

- L'outil permettra aussi aux utilisateurs de se servir des modèles pour repérer les points de vulnérabilité des infrastructures.

### ***Principaux points de la période de questions et réponses***

#### *Télécommunications*

- Étant donné que les télécommunications deviennent une façon cruciale de contrôler les secteurs vitaux, il est important d'examiner plus attentivement les dépendances et les points de vulnérabilité des réseaux de télécommunications.
- Le secteur des télécommunications a produit des rapports qui permettent de mieux voir les relations entre les télécommunications et l'interdépendance des infrastructures.

#### *Autres commentaires*

- Les mêmes modèles servent à l'analyse et à la synthèse des données.
- La base de connaissances qui sera constituée aidera les preneurs de décisions dans leurs tâches. Le système est un outil de *soutien* et non de *prise* de décisions.

### **3.3-Interdépendances et effets domino dans le réseau de survie**

#### **Benoît Robert et Luciano Morabito, École Polytechnique de Montréal**

La présentation suivante, par Benoît Robert et Luciano Morabito, s'est concentrée sur l'étude des interdépendances, des rapports et des points de vulnérabilité dans les réseaux de survie des infrastructures essentielles de la ville de Montréal. Ce qui suit résume les principaux éléments de leur présentation et expose dans les grandes lignes les points abordés au cours de la séance de questions et réponses.

#### ***Aperçu du projet***

- L'étude se concentre sur la vulnérabilité des infrastructures.
- Cette étude porte sur un petit secteur dans Montréal pour s'assurer que l'équipe de la recherche sera en mesure de connaître de façon approfondie le fonctionnement de l'infrastructure.
- Le principe fondamental sous-jacent au projet est de veiller à ce que les entités (organismes, agences, etc.) collaborent pour maintenir un capital de bonne foi et de communication entre tous les partenaires et intervenants.
- La recherche vise trois grands objectifs :
  - élaborer une nouvelle méthode de gestion du risque fondée sur les interdépendances entre les réseaux permettant le service essentiel;
  - élaborer des outils de gestion concrète du risque pour empêcher les effets domino peu importe les événements pouvant déclencher des interruptions;
  - accroître les connaissances de l'équipe sur des secteurs problématiques liés aux infrastructures interdépendantes.

#### ***Partenaires dans le projet***

- Ce groupe de recherche travaille avec plusieurs partenaires, notamment tous les ordres de gouvernement et plusieurs entreprises du secteur privé.
- Des ateliers ont été organisés avec la participation des partenaires pour trouver des façons d'étudier les interdépendances entre les divers réseaux à Montréal.

#### ***Réduire la complexité***

- Les liens et les interdépendances entre les entités peuvent finir par constituer un système incroyablement complexe.
- Une telle complexité rend presque impossible la modélisation de tous les effets et toutes les interactions dans les rapports entre les entités.
- Le projet tente d'atténuer la complexité de ces rapports.

#### ***Représentation des interdépendances***

- On peut se dire que les organismes ou entités ont des fonctions, des opérations et des ressources internes. Mais, ces entités peuvent également utiliser des ressources externes ou fournir des ressources à d'autres entités.

- Pour évaluer les interdépendances entre les réseaux permettant le service essentiel, la façon dont chaque entité utilise les ressources des autres entités doit être clairement définie.
- Cet exercice aidera également à cerner les points de vulnérabilité possibles dans les rapports d'interdépendance.
- On est actuellement à colliger tous ces renseignements sur les interdépendances qui serviront à décrire de façon détaillée tous les rapports des entités.

### ***Courbes de dépendances et de conséquences***

- Un des principaux buts du projet est également d'évaluer les courbes de dépendances entre les entités.
- Les courbes de dépendances décrivent dans quelle mesure un utilisateur de ressources a besoin d'une ressource donnée pour offrir un rendement optimal.
- La détermination de ces courbes permet de définir clairement les risques et les points de vulnérabilité en cause dans les rapports d'une entité donnée.
- De plus, les courbes de conséquences détaillent les résultats négatifs qui découlent du fait qu'une entité est dans l'incapacité de fournir ces ressources aux autres entités.

### ***Exemple d'interdépendances***

- Un exemple d'interdépendances est le rapport qui existe entre Hydro Québec et GazMétro.
- La grande mission d'Hydro Québec est de produire de l'électricité. Les ressources internes d'Hydro Québec font appel au gaz naturel fourni par GazMétro pour alimenter ses fonctions de transport qui, à leur tour, permettent de produire de l'électricité. Cette relation indique qu'il y a un risque de vulnérabilité quant à la dépendance d'Hydro Québec face aux ressources de GazMétro.

### ***Matrice des interdépendances***

- Ce projet se concentre sur la détermination de façon claire des réseaux permettant le service essentiel (p. ex. Hydro Québec, etc.) et des infrastructures de nature délicate (postes de police et casernes de pompiers) qui se trouvent à Montréal.
- Toutes ces interdépendances à Montréal peuvent s'illustrer au moyen d'une matrice. La matrice peut montrer la façon dont deux entités sont dépendantes sur le plan opérationnel.
- L'objectif est de revoir chaque interdépendance dans la matrice et de déterminer les points de vulnérabilité du point de vue des ressources, les dépendances et les courbes de conséquences.

### ***Progression du projet***

- Environ 50 % des interdépendances ont été déterminées et environ 25 % de l'ensemble du projet est terminé.

### *Séance de questions et réponses*

Les éléments qui suivent constituent les principaux points de discussion soulevés au cours de la période de questions et réponses.

#### *Rapports avec les partenaires*

- La collaboration entre le groupe et ses partenaires est excellente.
- Les partenaires n'ont transmis de données sur les interdépendances que lorsqu'ils se sont rendu compte de l'importance du projet pour eux.
- Plus les partenaires voient combien le projet leur est utile, plus ils consentent à collaborer.
- Lorsque les partenaires se rendent compte qu'un projet est important pour eux et que le système fonctionne comme un réseau géant unique, ils collaborent avec d'autant plus d'enthousiasme.
- L'inspiration d'un sentiment de confiance chez les partenaires est très importante.
- Le dialogue entre les partenaires s'enrichit toujours lorsque de l'information additionnelle est communiquée.

#### *Autres points de discussion importants*

- La gestion des risques que constituent les vulnérabilités est très importante à la réussite du projet.
- Il faut déterminer les causes des défaillances hautement et faiblement probables. Les causes naturelles peuvent être faiblement probables, mais les causes délibérées (c'est-à-dire humaines) peuvent être élevées.
- Actuellement, un chercheur étudie les conséquences d'une défaillance causée par l'humain. Le travail se concentre sur la perturbation d'origine humaine et ses conséquences sur les catastrophes.

### **3.4-Mettre au point un modèle d'interdépendance des infrastructures**

#### **Tamer El-Diraby, University of Toronto**

Tamer El-Diraby parle de la façon dont son groupe de recherche est actuellement à élaborer un modèle d'interdépendance des infrastructures par le truchement d'une analyse des besoins, des risques et des compétences des intervenants. Ce qui suit résume les principaux éléments discutés au cours de sa présentation et les commentaires faits au cours de la séance de questions et réponses.

#### ***Aperçu du projet***

- Ce projet vise essentiellement à rendre plus solides les infrastructures essentielles en tenant compte des questions liées aux interdépendances à l'étape de la conception.
- Le projet est une façon de comprendre comment aider les ingénieurs à concevoir un produit en les sensibilisant davantage aux liens essentiels avec les autres systèmes.
- Le projet a trait à l'échange de connaissances sur les travaux techniques et aux travaux visant l'intégration de la prise de décisions au cours de la conception.
- Ce travail est différent de celui fait par d'autres, par exemple Jose Marti et Vincent Tao. La grande différence réside dans le fait que leurs projets se concentrent sur l'amélioration de la robustesse des interdépendances sur le plan de la « prise de décisions » ou de la « gestion ».
- Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet, cependant, se concentrent sur la représentation des connaissances au niveau technique ou de la conception.

#### ***Introduction aux ontologies***

- Le modèle élaboré pour représenter les interdépendances au niveau de la conception, ne se concentre sur aucun secteur de travaux techniques en particulier — le modèle est strictement un schéma généralisé.
- À la base du modèle se trouve le concept des ontologies.
- Une ontologie se concentre sur l'établissement d'un langage commun qui donnera aux concepteurs la capacité d'échnager de l'information. Certaines des grandes caractéristiques d'un modèle ontologique sont le fait que :
  - il exploite l'existence d'un fil conducteur entre tous les systèmes;
  - il offre une façon efficace de faciliter l'interopérabilité et l'échange de données;
  - il est orienté vers les objets et offre une excellente extensibilité;
  - il est un outil puissant de représentation des connaissances importantes pour les humains.

#### ***Ontologie de base***

- L'ontologie de base décrit les interactions des processus, des acteurs et des ressources, pour produire un extrant donné.

- Elle décrit aussi les contraintes et les mécanismes qui se croisent aux processus, acteurs, ressources et produits.
- Les mécanismes sont utilisés pour soutenir le processus, le produit et les projets et ils incluent des éléments tels que les paramètres, les caractéristiques et les mesures du rendement.
- Les contraintes, en revanche, sont utilisées pour contrôler les ressources, les produits et les processus; il peut s'agir de lois, d'exigences d'utilisateurs et de codes environnementaux.

### ***Gestion ontologique***

- Les diverses composantes d'une ontologie peuvent se classer dans un diagramme en forme d'arbre pour représenter les rapports naturels. Ces rapports sont importants lorsqu'il s'agit de comprendre comment les diverses composantes d'un système interagissent les unes avec les autres.
- Une des grandes caractéristiques d'une ontologie est qu'elle commence avec un ensemble d'entités auquel s'ajoutent les composantes d'appui.
- Le grand avantage du système est qu'il permet à chaque composante précise d'une structure de s'insérer dans l'ontologie globale.

### ***D'autres composantes d'une ontologie***

- Les ontologies peuvent être créées pour :
  - les produits;
  - les contraintes liées à l'élaboration du produit;
  - les particularités des produits;
  - les acteurs intervenant dans un système.
- Une ontologie peut également être élaborée pour les codes d'infrastructure qui ont une incidence sur le processus de conception des travaux techniques. La modélisation des codes peut faire en sorte qu'il soit possible d'examiner un paragraphe du code et vérifier quelles fonctions de conception il influence.
- Une partie de ce projet a trait à l'étude de la structure réglementaire de l'industrie de l'énergie pour analyser les conséquences des codes d'infrastructure.

### ***Conception en collaboration***

- Tous les intervenants qui utilisent une ontologie seront représentés par des agents logiciels.
- Ces agents seront en mesure de parcourir « l'espace des agents » et d'évaluer l'information dans l'ontologie.
- Un élément clé de l'établissement d'une ontologie est l'utilisation de l'information que les entreprises consentent à mettre en commun et son ajout à l'ontologie. Les entreprises peuvent demeurer anonymes et continuer d'ajouter de l'information à l'ontologie, si elles le jugent approprié.
- Il s'agit de permettre aux entreprises de partager de l'information avec d'autres groupes ayant le même but qu'elles.
- À la suite de ces collaborations, il est possible que les concepteurs modifient leurs produits pour garantir le bien collectif global.

### *Questions et réponses*

Les éléments suivants font état des principaux points de discussion soulevés au cours de la période de questions et réponses.

- L'ensemble des utilisateurs d'une ontologie ne parviendront jamais à standardiser leurs processus et leurs systèmes de conception. Cela s'explique par le fait que chaque utilisateur est un spécialiste de son propre domaine. Le présent projet, cependant, vise à créer non pas un système standardisé, mais un langage commun pour la communication et la mise en commun de renseignements.
- On est à créer un modèle commun pour l'évaluation du rendement dans ce projet. Ce sera une excellente façon de montrer comment le rendement global d'un système influencera tous les autres systèmes.

### **3.5-Modèles qui simulent les réseaux d'infrastructures essentielles**

**Wenjum Zhang, University of Saskatchewan**

À la suite de la présentation de Tamer El-Diraby, M. Zhang a parlé de son projet d'élaboration de modèles qui simulent les réseaux d'infrastructures essentielles. Ce qui suit résume les principaux éléments abordés au cours de sa présentation.

#### ***Aperçu du projet***

- Les utilisateurs possibles de l'outil qui résultera de ce projet seront les principaux preneurs de décisions dans les organismes gouvernementaux.
- Le projet comporte deux composantes principales :
  - La première consiste à élaborer un modèle permettant de saisir toutes les relations interdépendantes dans une infrastructure essentielle (IE).
  - La deuxième est de créer une simulation des interdépendances de l'IE.
- Pour arriver à élaborer le modèle, les chercheurs ont utilisé les données antérieures, ils ont mis au point un modèle en fonction de ces données et ils ont ensuite généralisé le modèle.

#### ***Que représente le modèle?***

- Les IE sont au cœur du modèle.
- Une IE peut être définie comme un système matériel qui, si son fonctionnement est interrompu, peut avoir des incidences graves pour la santé, la sécurité et la protection des citoyens.
- Dans une IE, il y a des interdépendances, dont certaines concernent les liens entre les personnes et les systèmes.
- Ce projet se concentre cependant sur les rapports entre les systèmes de l'IE et non sur le système humains-IE.
- Les interdépendances dans un modèle d'IE peuvent être représentées par des entités et des mouvements entre entités.
- Une entité peut se dire de matériel, d'énergie, de personnes ou de renseignements/connaissances.
- S'il existe des dépendances entre deux systèmes, ce rapport doit être représenté par un mouvement entre entités.
- Le mouvement entre les entités peut être très complexe.
- Les forces dynamiques entre les entités peuvent être simultanées, asynchrones, distribuées, parallèles ou stochastiques.
- Tout rapport peut être classé en fonction d'une de ces cinq forces dynamiques.
- Pour qu'un modèle fonctionne, il doit être en mesure de rendre compte de ces forces dynamiques.

### ***Pourquoi concevoir un modèle?***

- La détermination des points de vulnérabilité dans l'infrastructure est la principale raison pour laquelle on crée le modèle.
- Pour s'occuper des interdépendances dans les IE et les étudier, il est essentiel de procéder à des simulations.
- Les simulations permettent de déceler où pourraient surgir des problèmes dans une IE.
- Un modèle est une bonne façon de valider les décisions, pendant la période de préparation aux situations d'urgence et pendant une situation d'urgence.
- La prise de décisions dans le cas d'une IE est très complexe et les incertitudes sont nombreuses. Les simulations sont une bonne façon de réduire les incertitudes.
- Les modèles et les simulations sont une bonne façon de déterminer les améliorations à apporter à l'IE.
- Si un problème se présente dans l'IE, les modèles et les simulations sont une bonne façon de déterminer la cause.
- Comme le système d'IE réseautées est un système homme-machine, l'utilisation de simulations est la seule façon de prédire son comportement, son fonctionnement et son rendement. En outre, il faut tenir compte du fait qu'un système d'IE réseautées est un système dynamique et qu'en conséquence, les simulations doivent aussi être dynamiques.

### ***Comment constitue-t-on le modèle?***

- Un réseau de Pétri est un outil puissant pour la modélisation d'un processus simultané, asynchrone, distribué, parallèle et stochastique, tel qu'une IE réseautée.
- Les réseaux de Pétri sont aussi utiles dans des systèmes non déterministes tels que les IE.

### ***Simulations — Étude de cas***

- Une étude de cas permet de constater la possibilité de faire appel au modèle et à des simulations.
- Dans l'étude de cas présentée ici, trois IE sont en cause : une usine pétrochimique, le système de transport et l'hôpital.
- L'étude de cas porte sur un accident survenu à l'usine alors qu'une fuite de gaz toxique s'est répandue dans la collectivité. Les victimes de l'accident sont transportées à l'hôpital au moyen du système de transport.
- Le but de l'étude de cas est de vérifier au moyen de la simulation à quel point l'hôpital parvient à traiter les victimes.
- Le deuxième but est d'examiner l'efficacité du système de transport.
- Nous pouvons déterminer comment les hôpitaux pourront faire face à une situation d'urgence en examinant comment la simulation permet d'utiliser la capacité de l'hôpital au cours d'une période de temps.
- Avec le temps, le nombre des victimes de l'accident augmente, de sorte que s'accroît également le nombre de patients dans les hôpitaux.
- La simulation est un outil efficace pour montrer à quel point ces IE fonctionnent bien, en situation d'urgence.

### ***Utilité des simulations***

- Les simulations de la façon dont l'IE réseautée fonctionne sont possibles au moyen des outils de modélisation susmentionnés.
- Les simulations permettent d'établir clairement à quel point la capacité maximale d'une IE est atteinte.
- Les simulations sont un outil précieux et prometteur, pour aider et soutenir les preneurs de décisions.

### ***Travaux en cours***

- La recherche en cours vise notamment ce qui suit :
  - s'occuper de l'extensibilité des modèles et des simulations;
  - faire que l'outil constitue un mécanisme efficace de soutien des décisions;
  - développer la fonctionnalité de diagnostic des défauts;
  - faire en sorte que l'outil soit en mesure de cerner les secteurs de vulnérabilité dans l'IE;
  - travailler sur la composante de dépendance homme-machine de l'IE.

### ***Séance de questions et réponses***

- Les principaux partenaires de ce projet sont une équipe composée de chercheurs universitaires, de représentants de l'industrie et de représentants d'organismes gouvernementaux.
- Un démonstrateur est à la disposition de toute personne intéressée.
- Lorsque l'on tente de simuler la façon dont une IE fonctionnera en situation d'urgence, le principal problème est l'obtention de renseignements en temps opportun. Les réseaux de Pétri permettent de saisir de l'information floue et il est possible de créer des modèles utiles au moyen de cette information.
- Il faut faire preuve de prudence durant l'utilisation d'un modèle. Le système modélisé n'indique pas comment prendre les décisions. La prise de décisions ne fait pas partie du projet. Le modèle doit être utilisé pour *soutenir* la prise de décisions. Le projet vise à simuler les conséquences d'une décision, mais non à prendre la décision.

### **3.6-Améliorer la résilience des infrastructures du réseau d'aqueduc**

#### **Edward McBean et Corinne Schuster, University of Guelph**

La dernière présentation, faite par Edward McBean et Corinne Schuster, se concentre sur des façons d'améliorer la résilience des infrastructures hydrauliques et des systèmes d'intervention dans le domaine de la santé pour faire face aux maladies d'origine hydrique. Ce qui suit résume les principaux éléments de leur présentation et expose les grandes lignes des points abordés au cours de la séance de questions et réponses.

#### ***Aperçu du projet***

- Le projet est beaucoup plus restreint que le travail exécuté par les autres groupes de recherche.
- Le projet vise à étudier des façons d'améliorer la résilience de l'infrastructure des réseaux d'aqueduc et des systèmes d'intervention en matière de santé face aux maladies d'origine hydrique.
- Le projet s'intéresse à la façon dont les systèmes tombent en panne, au fonctionnement des communications entre les systèmes et à la façon dont les principaux intervenants doivent réagir en cas d'interruption.
- Le projet vise à s'assurer que les choses se déroulent comme elles sont censées le faire, en ce qui concerne la gestion des mesures d'urgence et la prévention.

#### ***Partenaires***

- Parmi les principaux partenaires prenant part à la recherche, il y a des villes telles que Guelph, Peterborough, Goderich et Toronto. Il est important de compter ces groupes dans ses rangs, étant donné qu'ils représentent d'éventuels bénéficiaires de la recherche.
- Parmi les autres partenaires, on compte des organismes gouvernementaux tels qu'Environnement Canada. Ce groupe de partenaires est important parce qu'il fournit le cadre de réglementation pour les questions sur lesquelles ce projet se penche.

#### ***Contexte***

- L'infrastructure du système de gestion des eaux en Ontario est vieillissante.
- Des bris de tuyau se produisent régulièrement à plusieurs endroits dans l'ensemble de la province.
- Un certain nombre de maladies sont apparues récemment à la suite de la contamination des eaux. Il y a notamment la poussée endémique de cryptosporidium à Milwaukee (1993) et la flambée de cas de contamination à l'E. coli à Walkerton, en 2000.
- L'exemple le plus récent de maladie liée à l'eau potable s'est produit à Kashechewan. Dans ce cas, les principaux problèmes étaient l'isolement, la piètre conception et le mauvais fonctionnement du réseau d'aqueduc.

- En plus des flambées de cas, il existe aussi des possibilités d'accidents ou d'actes délibérés pouvant causer la contamination et pour lesquelles il faut planifier et prendre des mesures.

### ***Stratégies et orientation***

- La principale stratégie du groupe de recherche est de comprendre clairement ce qui cause les pannes de réseau d'aqueduc et de comprendre le système des urgences sanitaires.
- Parmi les facteurs qui augmentent le risque de maladie, mentionnons les suivants :
  - Les précipitations et l'ampleur des tempêtes ont augmenté.
  - Les recherches indiquent que les éléments pathogènes sont courants dans l'écosystème et que leur augmentation accroît le risque de contamination.
  - Le cryptosporidium s'est révélé être un agent pathogène dangereusement résilient.
- Une autre stratégie importante consiste à définir clairement les interdépendances de l'infrastructure en ce qui a trait aux réseaux d'aqueduc.
  - À titre d'exemple, il s'agit de définir l'infrastructure en cause lorsqu'est donné « l'avis recommandant de faire bouillir l'eau » - comment ce type d'avis doit-il être lancé et quand y a-t-il lieu de l'annuler?
- Un organigramme est un outil efficace pour déterminer les interdépendances d'un réseau d'aqueduc. Il aide également à déterminer à quel moment il y a lieu de déclencher une intervention, par exemple l'intensification de la surveillance.

### ***Exemples de premiers résultats de recherche -- L'infrastructure vieillissante***

- Une première constatation importante porte sur le fait que l'infrastructure du réseau d'aqueduc est vieillissante et que les choses ne vont qu'empirer.
- En raison du vieillissement de l'infrastructure et de l'augmentation de la population, le système de réseau d'aqueduc va continuer de subir des pressions.
- Le groupe de recherche examine les diverses fréquences de bris de canalisation principale du réseau vieillissant, pour produire un modèle permettant de prédire quels tuyaux risquent de briser.
- Le groupe étudie aussi les effets dévastateurs du chlore sur le réseau d'aqueduc. (On a élaboré un modèle de système de distribution d'eau pour Goderich afin d'étudier plus attentivement ce phénomène de détérioration.)

### ***Orientations à venir***

- Il est essentiel de posséder des mécanismes efficaces de communication en cas de défaillance du réseau d'aqueduc.
- Les problèmes de communication et de redondance ne sont pas le lot des petits réseaux uniquement.
- Des « protocoles d'apprentissage » doivent être établis pour transmettre à tous les exploitants de réseaux d'aqueduc les connaissances leur permettant de réagir efficacement aux problèmes.
- Sans les mesures législatives adéquates, les municipalités résistent à l'idée d'entreprendre des améliorations à leurs réseaux d'aqueduc, car elles n'ont pas les

fonds nécessaires. On craint d'effectuer des examens inutiles ou de prendre en vain des mesures de surveillance, car cela peut augmenter le travail de production de rapports.

- Actuellement, le groupe de recherche procède à des entrevues pour mieux comprendre comment les réseaux d'aqueduc et les systèmes d'infrastructures connexes fonctionnent sur le plan opérationnel.
- En outre, le groupe comprend progressivement toujours mieux les raisons pour lesquelles la qualité de l'eau est parfois déficiente.
- Une initiative à venir consistera à examiner les interdépendances entre l'eau et la santé. Il est actuellement très difficile de déterminer ce qui est à l'origine des cas de contamination, en particulier lorsque le nombre de cas est limité.

### ***Questions et réponses et discussion***

- Il est très surprenant de constater combien de ministères sont en cause dans la question de la gestion des eaux.
- Un étudiant au sein de l'équipe du projet travaille actuellement à établir les liens entre les divers ordres de gouvernement. Il s'agit d'en arriver à mettre au point un outil pouvant être utilisé dans les municipalités pour faciliter la résolution des questions liées à l'infrastructure des réseaux d'aqueduc. Il est très important de tenter de réunir les différents groupes pour faire face à ces questions.
- Il faut porter davantage attention aux comptes à rendre et au renforcement de l'autonomie lorsque les choses vont mal.
- Il est très difficile de déterminer quels cas de contamination sont attribuables aux aliments et lesquels le sont à l'eau. (Nota : Cela ne fait pas partie des points à l'étude.)
- Un élément important est le contrôle du nombre de résultats faussement positifs. Un trop grand nombre de résultats faussement positifs est très dangereux, et il faut éviter d'arriver là (parce que, si on sonne l'alarme trop souvent, les gens risquent de ne plus réagir).

## 4-Période de discussion générale

À la fin des présentations, on a prévu une période de questions et réponses. Ce qui suit représente les principaux points abordés au cours de cette séance.

### *Commentaires concernant la mise en commun de renseignements*

- Énormément de questions portent sur la collecte et la communication de données.
- Une grande priorité pour plusieurs groupes est l'obtention de données réelles qu'ils pourront utiliser dans leurs modèles.
- Il est difficile d'obtenir des données réelles de la part du secteur industriel.
- Bell Canada a lancé le processus de mise en commun de données, mais peu de progrès ont été réalisés.
- À Hydro Ontario, on a eu de la difficulté dans le passé à communiquer des données aux organismes d'application de la loi.
- De façon générale, Hydro Ontario n'aime pas mettre en commun ses données parce qu'elle craint de révéler ses points de vulnérabilité.
- Il y a eu un mouvement de mise en commun des données des entreprises de façon anonyme.
- Il n'est pas facile pour un organisme d'obtenir toutes les données dont les groupes de recherche ont besoin. Même si les organismes acceptent de mettre en commun des données, il se peut que ces données ne soient pas disponibles.
- Il est important d'être pratique et très précis lorsque l'on fait affaire avec un partenaire dont on veut obtenir des données.
- Il existe des protocoles permettant l'anonymat, lorsqu'un organisme désire mettre en commun de l'information.
- Les chercheurs devraient se trouver vers l'Europe pour obtenir des données exactes.
- L'information relative aux réseaux d'aqueduc fait l'objet d'énormément de mesures de protection aux États-Unis.

### *Le symposium*

- Le symposium s'imposait comme démarche pour réunir les chercheurs. Il est important de réunir les gens à l'occasion d'une tribune semblable, pour aider les intervenants à préciser ce qu'ils tentent de réaliser.
- Il devrait y avoir un plus grand nombre de personnes expérimentées en matière de préparation à des situations d'urgence à ces conférences. Ces personnes devraient participer, pour que nous ayons un point de vue réaliste sur les questions discutées.
- Certaines des présentations sont trop techniques.

### *Financement*

- Les travaux entourant les projets en sont à leurs débuts. Les problèmes sont extrêmement complexes, de sorte que les chercheurs doivent avoir l'assurance d'un financement à long terme.
- Le Canada arrive à faire beaucoup, même avec peu de ressources.

*Autres commentaires*

- On communique énormément avec les collègues des États-Unis.
- Les canaux de communication entre universitaires sont très bons.
- On devrait vérifier auprès des chercheurs dans le secteur privé s'ils aimeraient participer à des partenariats.
- Il est important de savoir quel langage les chercheurs veulent utiliser dans les travaux relatifs à leurs projets, afin de favoriser leurs communications avec le gouvernement.
- Plus notre définition des problèmes liés aux infrastructures sera précise, meilleures seront les solutions.