



Title: [LEAPS-MPS: Structure et dynamique des réseaux mondiaux de chaîne d'approvisionnement](#)

[Kelly Dunning CIC Database Profile](#)

NSF Award #: [2137511](#)

[YouTube Recording with Slides](#)

[April 2022 CIC Webinar Information](#)

Transcript Editor: Saanya Subasinghe

---

## Transcript

### *Slide 1*

Merci à tous pour vos présentations. J'ai le plaisir aujourd'hui de vous faire part de mes résultats sur la structure et la dynamique des réseaux de chaînes d'approvisionnement mondiales. Contrairement aux projets précédents, il s'agit d'un projet NSF de deux ans pour lequel nous avons déjà travaillé, mais nous en sommes à trois mois de projet officiel et, en tant que mathématicien, je fais des choses un peu plus théoriques que les orateurs précédents. Mais je pense toujours que, vous savez, nous répondons à des questions intéressantes et que nous accueillons favorablement les idées de collaboration à ce stade, puisque nous en sommes à la première étape du projet. J'aimerais également remercier mes excellents collaborateurs, Kayvan Lavassani, qui travaille à la Business School de la North Carolina Central University et qui nous a aidés à affiner un grand nombre des questions que nous posons afin de nous assurer qu'elles sont cohérentes avec le sens réel des affaires. Enfin, mon étudiant Jason Vasquez a lui aussi fait beaucoup de choses formidables.

### *Slide 2*

L'objectif principal de ce projet est d'améliorer la compréhension de la rupture et du rétablissement des chaînes d'approvisionnement mondiales, en particulier à la lumière de la pandémie de grippe aviaire. Si tout le monde sait que le COVID a eu un impact négatif sur nos chaînes d'approvisionnement, la manière de modéliser ce changement est beaucoup moins bien comprise. D'autant plus que les défis sont multiples et évoluent dans le temps. Par exemple, au début de la pandémie, nous avons dû faire face à un besoin urgent d'articles tels que des masques et des ventilateurs en nombre sans précédent. Au fur et à mesure que la crise se prolongeait, nous avons commencé à nous concentrer davantage sur les difficultés générales de la chaîne d'approvisionnement, telles que la disponibilité limitée ou imprévisible d'articles courants. Dans les années à venir, il semble évident que les professionnels de la chaîne

d'approvisionnement prévoient une réorganisation radicale de leurs chaînes d'approvisionnement pour tenter d'atténuer le risque d'événements futurs de ce type. Par exemple, en incluant davantage de production nationale ou en plaçant intentionnellement la production dans plusieurs sites étrangers en cas de problèmes localisés.

### *Slide 3*

Bien sûr, on savait déjà beaucoup de choses sur les chaînes d'approvisionnement mondiales avant la pandémie. Le problème est que les connaissances existantes ne sont pas bien adaptées à ce type de situation. Par exemple, ces dernières années, les entreprises ont fait des progrès fabuleux dans la prévision des fluctuations de la demande à court terme et dans l'optimisation des coûts, par exemple. Au niveau macroéconomique, les économistes et les spécialistes de la complexité ont cartographié et retracé la propagation des chocs à travers les réseaux de dépendance entre les pays et les industries. Enfin, à la suite de la crise financière de 2008, les notions de risque systémique dans la finance ont été très bien développées. Ce qui est moins bien compris - et c'est nécessaire pour COVID - c'est la façon dont les chaînes d'approvisionnement peuvent se rétablir en tant que système, après une forte perturbation. Aucune entreprise n'a actuellement la capacité ou les données nécessaires pour répondre à cette question, car elles se concentrent sur leurs propres besoins plus localisés, ou du moins sur des besoins spécifiques à leur entreprise. En fait, on ne sait même pas quelles sont les actions politiques disponibles qui pourraient aider à résoudre les problèmes auxquels nous sommes confrontés. Une faiblesse particulière de la phase de connaissance existante est que la plupart des modélisations pertinentes portent sur la prévision de la demande à petite échelle, d'une semaine à l'autre, dans le cadre de fluctuations normales de la vie, par opposition aux perturbations de grande intensité que COVID a provoquées. Et les choses continuent de changer. Mon projet consiste en partie à développer des notions de risque systémique fondées sur les modèles de dépendance entre les entreprises réelles afin que nous puissions commencer à comprendre les outils dont nous avons besoin pour poser cette question, les données qui seraient utiles et les actions qui pourraient vraisemblablement être utiles.

### *Slide 4*

Je vais donc décrire la principale source de données que nous avons trouvée la plus utile jusqu'à présent. Nous avons recueilli la plus grande carte de la chaîne d'approvisionnement mondiale qui existe à notre connaissance et nous sommes en train de l'analyser. Les entreprises publiques du monde entier sont tenues de divulguer leurs principaux fournisseurs et clients, ce qui nous a permis d'assembler notre carte.

### *Slide 5*

Bien que nous puissions imaginer une chaîne d'approvisionnement comme étant une structure à plusieurs niveaux, comme dans cette visualisation, une fois que vous arrivez au niveau mondial de nombreuses chaînes d'approvisionnement entrelacées avec de nombreuses entreprises, les dépendances complexes produisent vraiment une soupe enchevêtrée de connexions, comme le montre en partie cette visualisation pour l'industrie de l'automobile. Notez qu'il y a quelques entreprises dominantes, j'ai dimensionné les nœuds en fonction de ce que nous appelons leur "centralité", et beaucoup d'autres moins centrales qui sont en fait si petites qu'on ne peut pas les voir dans cette visualisation. Nous avons coloré les nœuds en utilisant la détection de communauté, qui met en

évidence l'existence d'écosystèmes d'entreprises qui dépendent fondamentalement les uns des autres et travaillent dans le même espace. Ces écosystèmes ont également un lien avec la répartition géographique. Si vous regardez certains noms, vous verrez une tache bleue qui contient, par exemple, Toyota, qui est, vous le savez, séparée de certaines de ces entreprises vertes qui incluent la chaîne d'approvisionnement de Chrysler. Il existe donc une certaine structure géographique dans ces grandes chaînes d'approvisionnement étendues.

#### *Slide 6*

Jusqu'à présent, nous avons réussi à modéliser les perturbations dans ce réseau. Jusqu'à présent, nous nous sommes concentrés sur la désactivation ou la diminution de l'activité de certaines entreprises, à court ou à long terme. Du point de vue de la théorie des graphes, cela signifie qu'il n'y a pas de suppression. Dans certaines simulations, nous avons procédé à des suppressions aléatoires, ce qui correspond en quelque sorte à une destruction aveugle généralisée. Dans d'autres, nous essayons de cibler activement les grandes entreprises et les entreprises centrales, afin d'obtenir une sorte de scénario catastrophe. Nous avons également varié le nombre d'entreprises sujettes à des perturbations et modélisé certains scénarios spécifiques tels que l'arrêt du commerce international mondial pendant une courte période ou une perturbation du commerce entre les États-Unis et la Chine. Certains de nos modèles ont également intégré l'idée d'une défaillance en cascade, c'est-à-dire l'idée importante de la chaîne d'approvisionnement selon laquelle si une entreprise fait faillite à court terme ou doit réduire ses activités en raison d'une épidémie, d'autres entreprises qu'elle approvisionne devront également réduire leurs activités ou fermer leurs portes à court terme. Pour mesurer l'effet global de ces perturbations, nous avons utilisé une méthode de comptage des chemins, qui traduit l'idée que les ressources doivent pouvoir circuler verticalement vers le haut ou vers le bas de la chaîne d'approvisionnement, depuis les connexions distantes de la chaîne d'approvisionnement, comme au bas de cette figure, qui représentent essentiellement des matières premières, jusqu'aux entreprises critiques qui sont en contact avec les clients. Nous nous sommes concentrés sur les fournisseurs médicaux, par exemple. Le résultat que nous avons mesuré et dont nous avons rendu compte le plus souvent, et que nous avons trouvé utile, était le pourcentage de ces chemins critiques de la chaîne d'approvisionnement qui étaient encore utilisables après divers types d'arrêts. Parfois, les perturbations étaient telles qu'un grand nombre de chemins critiques restaient opérationnels, comme dans la figure de gauche où nous visualisons en quelque sorte une coupure qui permet de conserver certains chemins verticaux, tandis que d'autres perturbations se trouvaient au bon endroit pour éliminer essentiellement tous les chemins critiques et fermer toute une industrie critique à court terme.

#### *Slide 7*

La liste figurant sur cette page est un exemple des types de résultats que nous obtenons à partir de ce type d'analyse. Par exemple, si nous faisons l'hypothèse ensoleillée que les défaillances en cascade sont négligeables - les entreprises peuvent donc fermer, mais cela n'entraîne pas nécessairement la fermeture directe des entreprises en aval - dans ce cas, la chaîne d'approvisionnement mondiale semble étonnamment résistante à l'indisponibilité à court terme d'entreprises aléatoires. Ainsi, par exemple, jusqu'à 27 % des entreprises pourraient faire faillite de manière aléatoire avant que 80 % des fournisseurs de produits médicaux ne soient paralysés ou, en d'autres termes, incapables d'obtenir les produits dont ils ont besoin. En revanche, le scénario le plus pessimiste, dans lequel des entreprises très

centrales ou de grande taille font faillite, est bien pire. Il suffisait que 3 % des entreprises ciblées fassent faillite pour que 80 % des fournisseurs de matériel médical soient paralysés. Certaines paires de pays clés, comme les États-Unis ou la Chine dans le domaine de la biotechnologie, étaient particulièrement critiques pour les fournisseurs de produits médicaux. Si, au contraire, nous supposons une règle stricte de cascade, ce qui est plus pessimiste, 25 % des entreprises finissent par avoir la propriété que si elles sont supprimées, au moins 10 000 autres entreprises deviennent inopérantes à court terme jusqu'à ce qu'elles puissent établir de nouvelles relations ou jusqu'à ce que l'entreprise d'origine revienne en ligne. Ainsi, la faillite d'une de ces entreprises paralysera toutes les entreprises de fournitures médicales, en bref. La réalité de la situation se situe probablement quelque part entre ces deux scénarios et nous travaillons sur ce problème d'estimation des paramètres afin de déterminer quel niveau de cascade est réellement réaliste pour les scénarios qui nous intéressent. Comme dernier exemple, nous avons étudié les chaînes d'approvisionnement de l'armée américaine qui, vous le savez, se sont toujours efforcées de se protéger contre les interventions. Nous nous sommes demandé dans quelle mesure il était possible d'atténuer les risques en protégeant uniquement, par exemple, les entreprises nationales ou les entreprises partenaires d'un traité par le biais d'une action gouvernementale. Nous avons constaté qu'en l'absence d'effets en cascade, une certaine protection est réellement possible, mais lorsque vous incluez un risque important d'effets en cascade, les problèmes dans les pays non signataires d'un traité peuvent rapidement avoir des effets dévastateurs sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, quelles que soient les mesures prises par chacun.

#### *Slide 8*

Vous savez, nos simulations, aussi complexes soient-elles, ne seront jamais aussi sophistiquées que la vie réelle. Voici quelques orientations clés que je vois venir pour nous, et peut-être pour d'autres, afin d'approfondir notre compréhension et de contribuer éventuellement au rétablissement de la chaîne d'approvisionnement et à la compréhension de ce que l'avenir peut nous réserver si nous agissons d'une certaine manière. Tout d'abord, nous devons intégrer les multiples couches ou perspectives de la chaîne d'approvisionnement. C'est particulièrement important lorsqu'il s'agit du transport qui, ces derniers mois, a posé plus de problèmes que les fermetures d'entreprises. Il s'agit donc de deux réseaux différents : un réseau d'interdépendance des entreprises et un réseau de transport qui doit être intégré. Deuxièmement, nous devons comprendre quelles sont les actions les plus utiles pour permettre à un réseau de chaîne d'approvisionnement de passer d'une capacité d'exploitation faible à une capacité élevée. Enfin, nous avons besoin de mesures adéquates des différents aspects de la perturbation à partir de scénarios réels tels que le COVID, le blocage du canal de Suez, le conflit en Ukraine, etc. Ces événements se produiront à différentes échelles de temps et vous savez qu'ils informent les vraies décisions que les experts de la chaîne d'approvisionnement essaient de prendre en ce moment pour comprendre comment réorganiser le monde, en gros, pour être prêts pour l'avenir et pour réduire les risques pour nous tous.

#### *Slide 9*

Je vous remercie de m'avoir accordé votre temps. Je répondrai aux questions posées par chat et je serai heureux de discuter par courriel des possibilités de collaboration, merci.