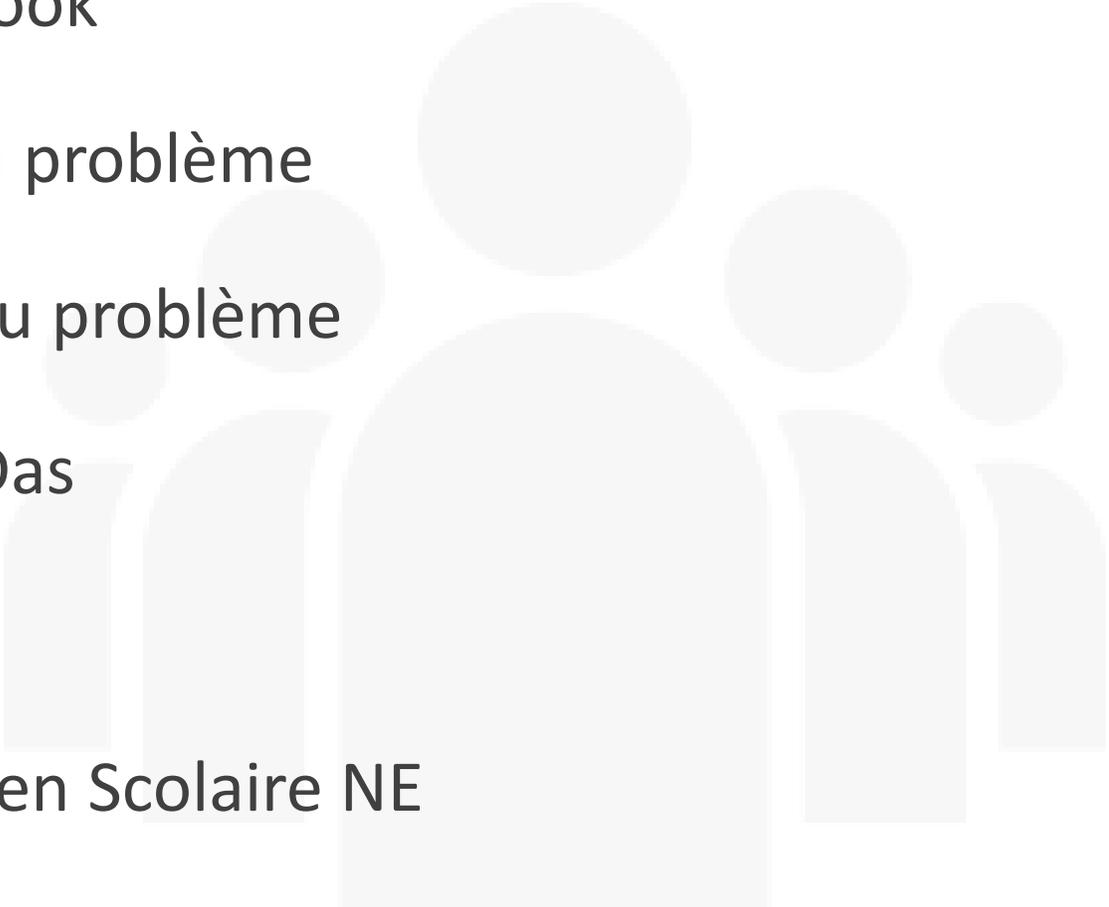


# Mathématiques de la contagion financière

Mercredi 23 novembre 2016

- Prélude: Facebook
  - Formulation du problème
  - Modélisation du problème
  - Le modèle de Das
  - Non-Linéarités
  - Postlude: Soutien Scolaire NE
- 



- Environ 1.6 mia d'inscrits actifs (sur 7.3 mia d'humains)
- Les chercheurs de Facebook ont montré qu'il y avait en moyenne 3.6 intermédiaires entre deux inscrits
- C'est la variante Facebook de la théorie des "six degrés de séparation"
- Lien avec le thème de la présentation: impact de infos "fabriquées"

- Pourquoi la plupart des experts n'ont pas vu venir la crise de 2008?  
**Parce que les interconnexions entre les institutions financières ont été ignorées ...**
- “If you put together all the subprime mortgages in the United States and assumed they were all worthless, the total losses to the financial system would be about equivalent to one bad day in the stock market .... The problem was that they were distributed throughout different securities and different places and nobody really knew where they were and who was going to bear the losses.”  
*Ben Bernanke, ancien président de la banque centrale US*

# Le problème (2)

---

- On sait maintenant que les interconnexions sont les vecteurs des contagions financières
- Quelles sont les principales interconnexions?
  - Les prêts interbancaires (au plus fort de la crise, les banques ne se prêtaient plus entre elles parce qu'elles avaient peur de l'effet domino)
  - Les produits financiers dérivés de gré à gré (l'assureur AIG a failli couler à cause de ces produits et entraîner ses contreparties avec ...)
  - Investissements communs (par exemple dans des «produits toxiques»)
- Comment modéliser les interconnexions? **La théorie des graphes**

# Le problème (3)

---

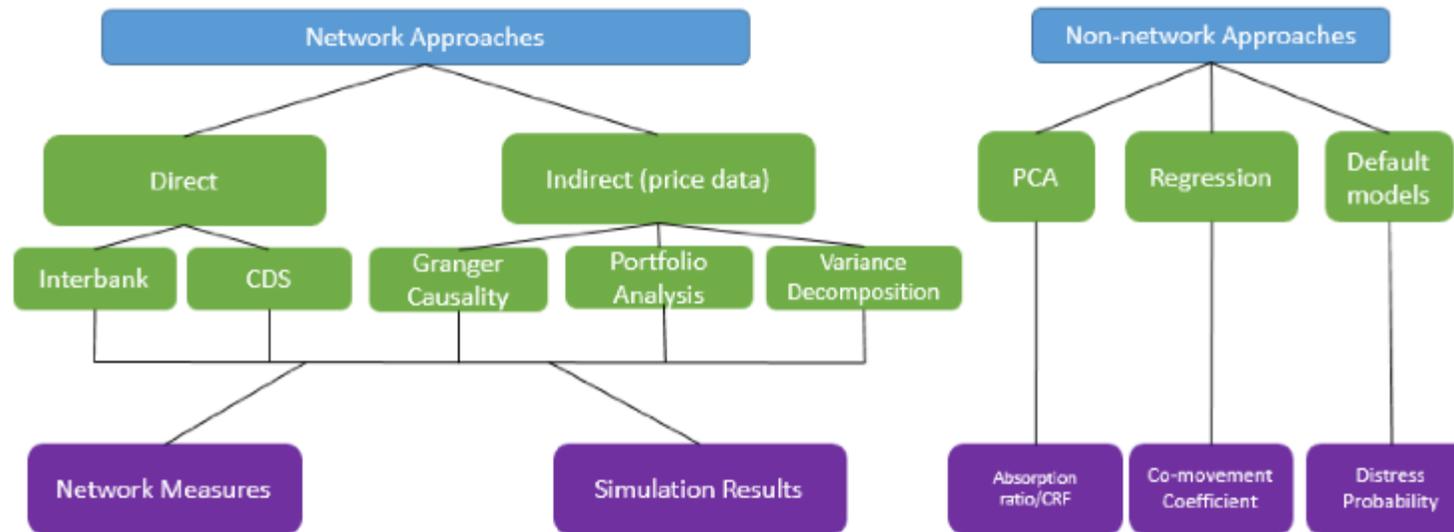
- Quelques définitions
  - Contagion financière: une perturbation du secteur financier qui conduit à des défaillances en chaîne d'institutions financières
  - Risque systémique: risque d'un effondrement complet du système financier
  - «Too big to fail»: se réfère à une institution financière dont la faillite pourrait déclencher un effondrement systémique, avec des conséquences catastrophiques sur l'économie (e.g. UBS, Credit Suisse ou Raiffeisen en Suisse)

- Quel est l'agenda de recherche?
  - Mieux comprendre et modéliser les mécanismes de contagion financière
  - Trouver des indicateurs fiables pour mesurer l'état du système financier et alerter en cas de fragilité («Early Warning» indicators)
  - Identifier les «maillons faibles» («Too big to fail»)
  - Proposer des méthodes pour éviter ou résoudre des crises de contagion
- “To be sure, the main reason why crises occur is not lack of statistics but the failure to interpret them correctly and to take remedial action. But better statistics can no doubt be a big help.

*Claudio Borio, Chercheur à la Banque des Règlements Internationaux*

# Modélisation (1)

- Synthèses des différentes approches à l'heure actuelle

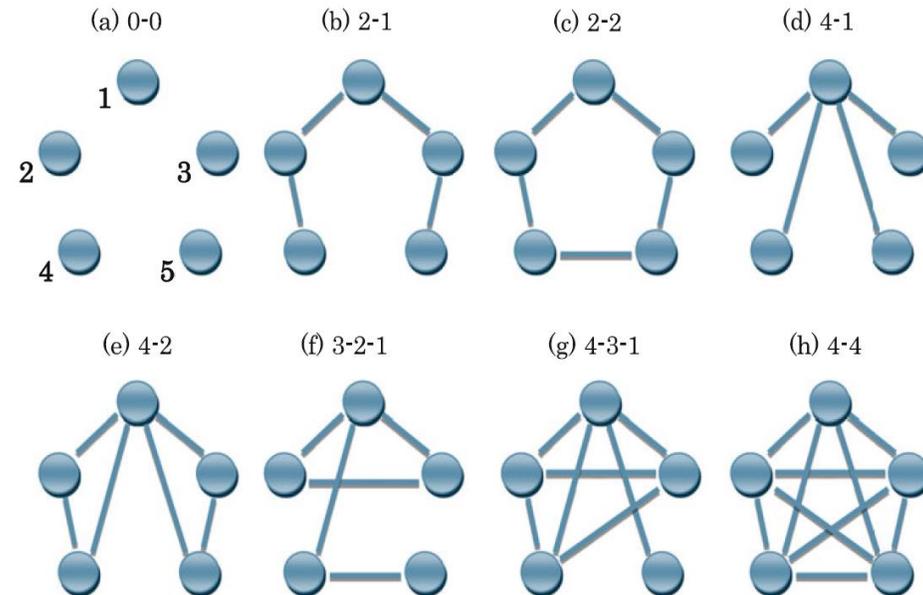


Source: [www.federalreserve.gov/econresdata/notes/feds-notes/2015/taxonomy-of-studies-on-interconnectedness-20150731.html](http://www.federalreserve.gov/econresdata/notes/feds-notes/2015/taxonomy-of-studies-on-interconnectedness-20150731.html)

- Introduction à la théorie des graphes
  - Un graphe est un ensemble de sommets (e.g. les institutions financières) et un ensemble d'arêtes reliant des sommets (e.g. les interconnexions)
  - Les arêtes peuvent être non-orientées, orientées, pondérées, ...
  - Matrice d'adjacence: matrice carrée dont la dimension est égale au nombre de sommets et dont les coefficients codent les sommets du graphe Degré d'un sommet: nombre de sommets auquel il est relié
  - Matrice laplacienne=matrice diagonale des degrés – matrice d'adjacence
  - Indicateurs de centralité: pour quantifier l'importance d'un nœud dans un graphe (e.g. le degré d'un sommet)
  - Distance entre deux sommets: longueur du plus court chemin entre les deux sommets

# Modélisation (3)

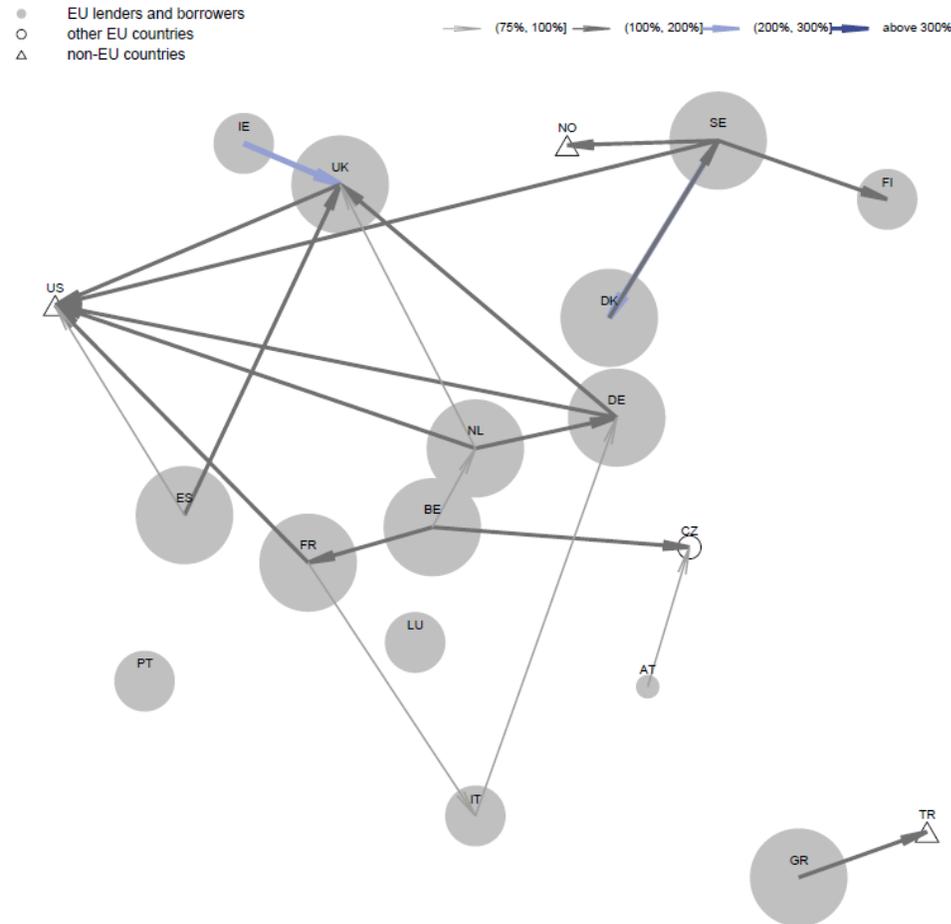
- Exemples de graphes (Source: Kobayashi & al, 2013)



- Bestiaire: Graphe aléatoire (on fixe les sommets et on choisit aléatoirement les arêtes), réseau «Small World» (la distance moyenne entre les sommets est faible et certains sommets possèdent un grand nombre d'arêtes)

# Modélisation (4)

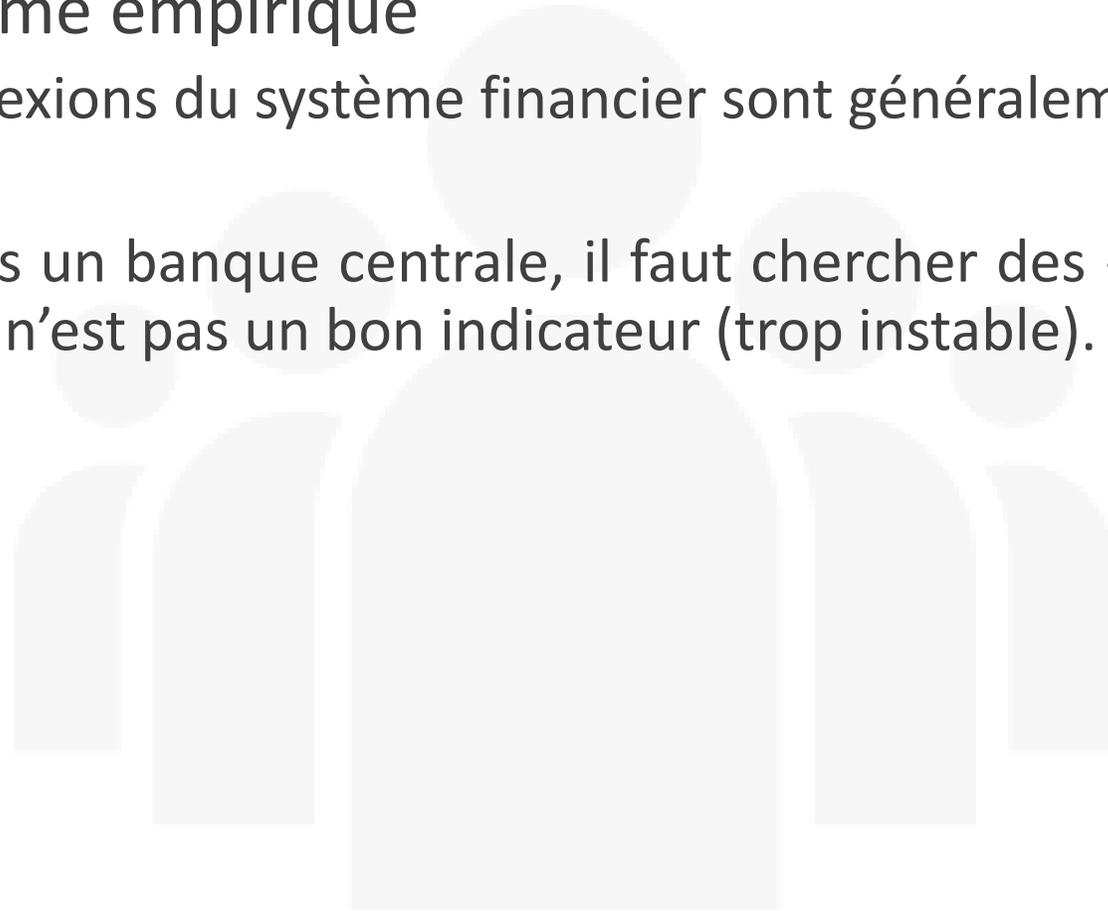
- Un exemple de graphe en finance (Source: ESRB Risk Dashboard)



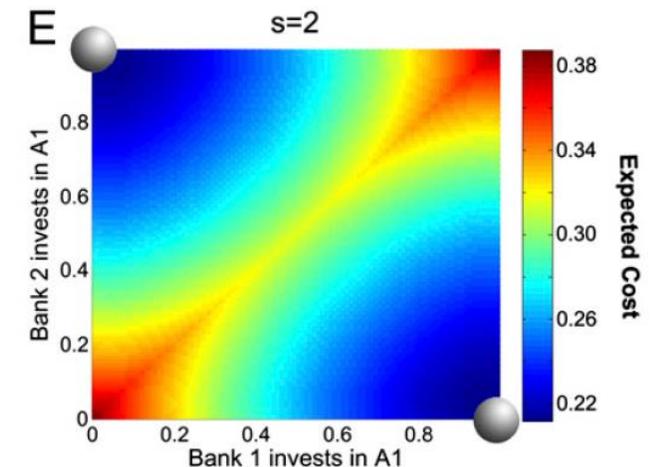
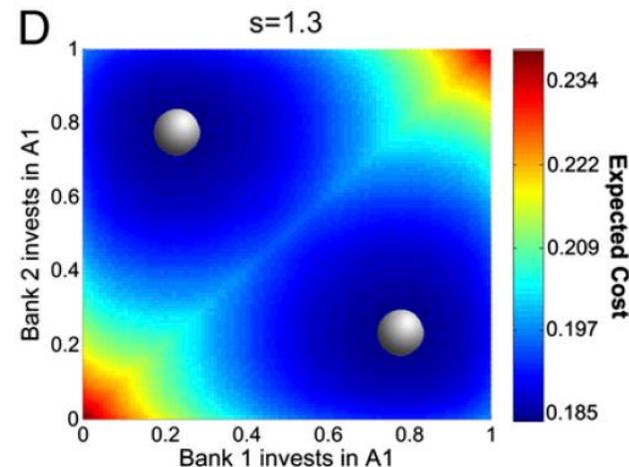
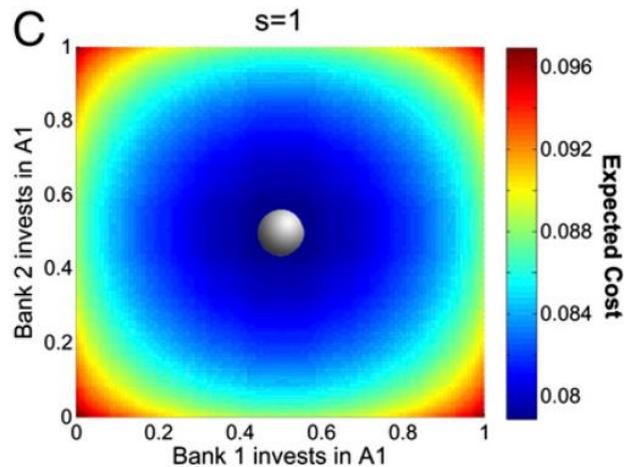
# Modélisation (5)

---

- Un gros problème empirique
  - Les interconnexions du système financier sont généralement opaques
  - Si on n'est pas un banque centrale, il faut chercher des «proxies», en général la corrélation n'est pas un bon indicateur (trop instable).



- Diversification vs Diversité
  - Surveillance **micro**-prudentielle: on s'intéresse à la stabilité individuelle de chaque institution financière
  - Surveillance **macro**-prudentielle: on s'intéresse à la stabilité du système financier dans son ensemble
  - Papier de Beale & al (2011)



- Liens avec d'autres domaines
  - Biologie (chaînes alimentaires, épidémies, ...)
  - Réseaux électriques (Panne du réseau des CFF du 22 juin 2005, suite à un court circuit; 1500 trains en panne, 100'000 passagers bloqués)
  - Recherches internet (algorithme PageRank de Google)
  - Virus informatiques
  - Réseaux sociaux

- L'idée

Trouver un indicateur simple du risque systémique d'un système financier à l'aide de la vulnérabilité individuelle de chaque constituant et des interconnexions entre les constituants

- Les inputs

- La matrice d'adjacence  $A$  du système financier
- Le vecteur  $C$  des vulnérabilités individuelles

- La reference

Sanjiv Ranjan Das, *Matrix Metrics: Network-Based Systemic Risk Scoring*, The Journal of Alternative Investments, Spring 2016, p. 33-51

- Les formules

- Le score  $S(C, A) := \sqrt{C^T \cdot E \cdot C}$ , avec  $E = I + A$
- Incréments de risque:  $I := \frac{\partial S}{\partial C} = \frac{1}{2S} \cdot [E + E^T] \cdot C$
- Contributions au risque:  $D_i := \frac{\partial S}{\partial C_i} \cdot C_i$

- Formule de décomposition

$$S = \frac{\partial S}{\partial C_1} \cdot C_1 + \frac{\partial S}{\partial C_2} \cdot C_2 + \dots + \frac{\partial S}{\partial C_N} \cdot C_N = \sum_{i=1}^N D_i$$

**Preuve:** Théorème d'Euler sur les fonctions homogènes

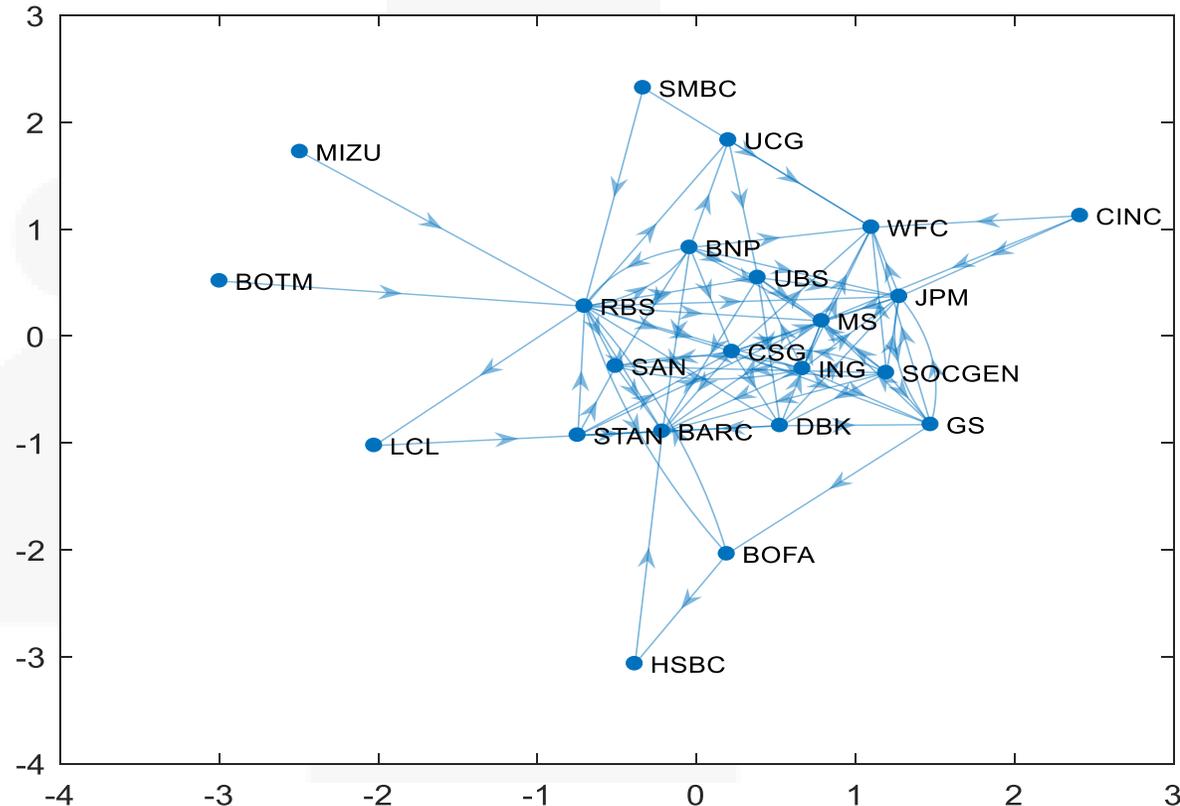
# Modèle de Das (3)

- Illustration empirique

USA	Europe	Japon
Bank of America Corp Citigroup Inc Goldman Sachs Group Inc/The JPMorgan Chase & Co Morgan Stanley Wells Fargo & Co	Credit Agricole SA Barclays PLC BNP Paribas SA Credit Suisse Group AG Deutsche Bank AG Societe Generale SA HSBC Holdings PLC ING Groep NV Royal Bank of Scotland Group PLC Banco Santander SA Standard Chartered PLC UBS Group AG UniCredit SpA	Mitsubishi UFJ Financial Group Inc Sumitomo Mitsui Financial Group Inc Mizuho Financial Group Inc

# Modèle de Das (4)

- Le graphe associé (Causalité de Granger)



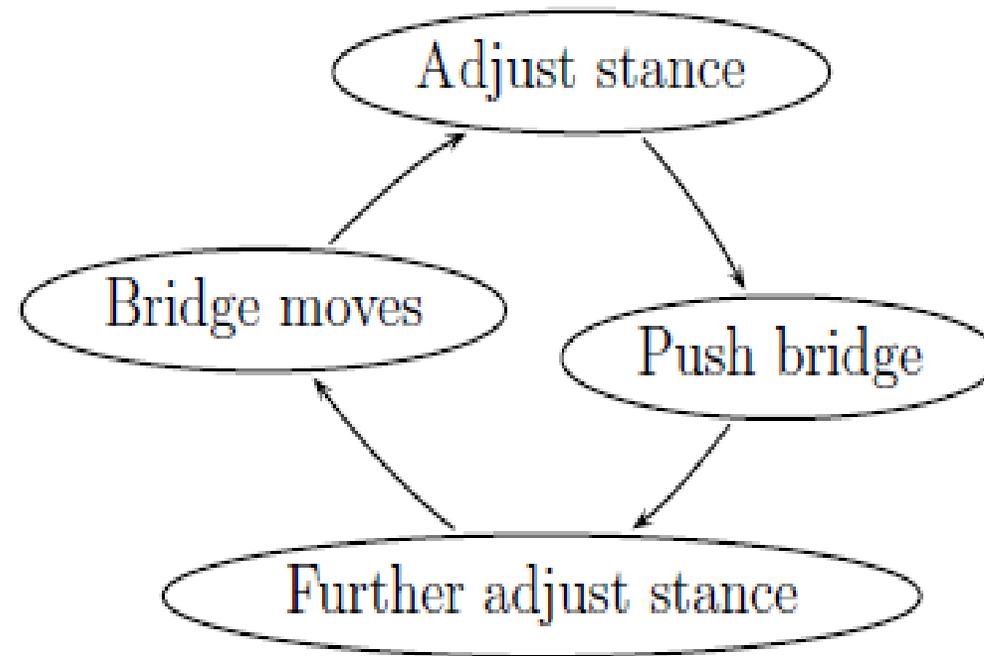
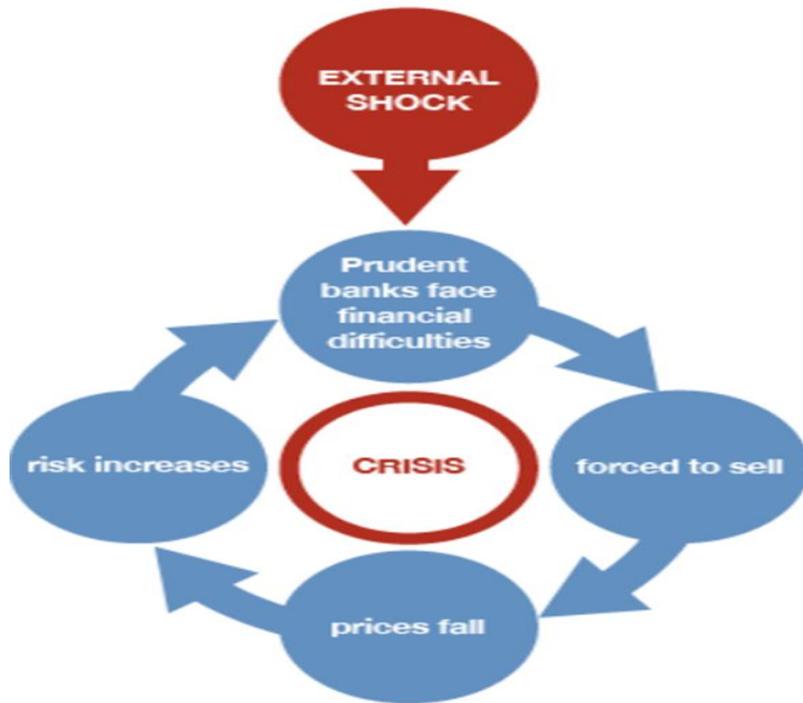
# Modèle de Das (5)

- Contributions au risque (à l'aide des CDS)

Symbol	Name	CDS Spread	Contrib	contrib_pct
DBK	Deutsche Bank AG	221	137.4	12.9
RBS	Royal Bank of Scotland Group PLC	129	125.2	11.8
CSG	Credit Suisse Group AG	146	105.9	9.9
UCG	UniCredit SpA	222	80.7	7.6
SAN	Banco Santander SA	139	70.4	6.6
BARC	Barclays PLC	96	66.9	6.3
STAN	Standard Chartered PLC	126	63.2	5.9
MS	Morgan Stanley	86	59.4	5.6
BNP	BNP Paribas SA	85	51.6	4.8
SOCGEN	Societe Generale SA	84	50.2	4.7
GS	Goldman Sachs Group Inc/The	90	43.7	4.1
JPM	JPMorgan Chase & Co	58	35.9	3.4
UBS	UBS Group AG	65	35.6	3.3
ING	ING Groep NV	66	30.7	2.9
WFC	Wells Fargo & Co	53	26.6	2.5
BOFA	Bank of America Corp	75	20.4	1.9
LCL	Credit Agricole SA	76	13.4	1.3
CINC	Citigroup Inc	75	12.3	1.2
HSBC	HSBC Holdings PLC	77	11.9	1.1
MIZU	Mizuho Financial Group Inc	70	8.9	0.8
SMBC	Sumitomo Mitsui Financial Group Inc	60	8.5	0.8
BOTM	Mitsubishi UFJ Financial Group Inc	56	6.3	0.6

# Effets «Feedback loop»

- Finance vs Millenium Bridge



Source: Danielson & al, 2015

# Postlude: Soutien Scolaire NE

## Quoi?

Cours de soutien scolaire à des élèves migrants (8<sup>ème</sup> - 11<sup>ème</sup> Harmos), en mathématiques, allemand, Français et anglais

Fonctionne (plutôt bien) depuis août 2010

## Quand?

Tous les samedis de 10h à 12h au CPLN, durant l'année scolaire

## Comment?

Encadrement assuré par des bénévoles de tous horizons

Objectifs: Aider les élèves à faire leurs devoirs, à préparer leurs travaux écrits et à mieux comprendre leurs cours

## Nous recherchons des bénévoles pour les mathématiques