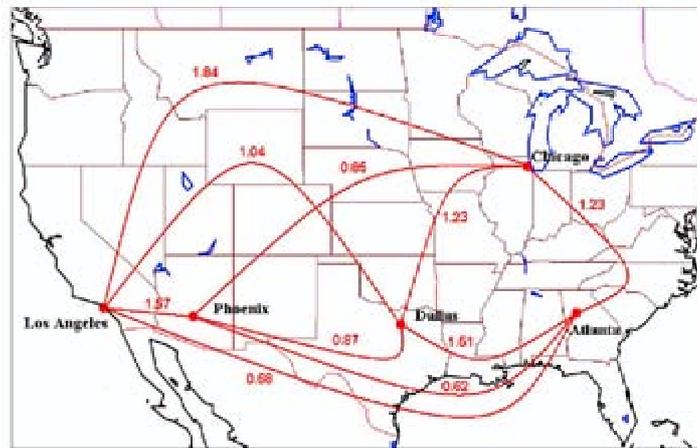


Le réseau, ça crée des liens

La physique statistique possède une longue tradition dans l'étude des comportements collectifs des systèmes à plusieurs corps. Elle a pour cela développé des outils mathématiques et des concepts très puissants qui ont permis la compréhension des systèmes complexes. L'équipe formée autour d'Alain Barrat et Alessandro Vespignani du Laboratoire de physique théorique (CNRS) et de Marc Barthélemy du Département de physique théorique et appliquée (CEA) présente une nouvelle classe de science, la « science des réseaux »...

L'étude des réseaux est par nature interdisciplinaire car ceux-ci jouent un rôle central dans la compréhension de nombreux systèmes dans des domaines scientifiques aussi variés que la physique, la biologie, l'informatique ou encore les technologies de l'information. À titre d'exemple, on peut citer l'architecture de l'Internet, les interconnexions d'agents financiers, les réseaux trophiques des écosystèmes ou l'épidémiologie. Ou encore la cellule, constituant élémentaire des êtres vivants, dont l'organisation ainsi que les fonctions sont le résultat d'interactions entre gènes, protéines et autres molécules.



Quelques liens du réseau des lignes aériennes reliant les aéroports nord-américains, le poids des connexions mesurant le nombre de sièges disponibles (millions/an).

© LPT, CNRS - CEA.

Les réseaux sont définis par leur topologie mais aussi par la dynamique de l'information ou du trafic se propageant sur les liens. Dans le cas des lignes aériennes, par exemple, les nœuds sont les aéroports et les liens signalent l'existence d'un vol direct entre deux nœuds. Le nombre de passagers qui dépend du nombre d'avions sur la liaison correspondante est corrélé avec la capacité des aéroports et leur centralité.

Dans le cas du réseau électrique, la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique sont réalisés via un ensemble complexe de sources d'énergie (les centrales) et de lignes. Le poids des liens qui mesure la quantité d'électricité transportée est un élément crucial pour la compréhension des avalanches de pannes et de la congestion du réseau.



Visualisation du trafic Internet en 1998, en milliards de bytes. La gamme de volume de trafic va du pourpre (les bytes zéro) au blanc (100 milliards de bytes).
© Martin Dodge, 2004.

Les systèmes d'information n'échappent pas à la règle : eux aussi partagent une structure en réseaux dans laquelle des composants établissent des liens de façon décentralisée et autonome. C'est le cas des réseaux « pair à pair », des réseaux mobiles « ad hoc » et de la structure d'hyperliens de la Toile. L'analyse statistique des « cartes » d'Internet a révélé, de façon inattendue, l'existence d'une topologie complexe et hétérogène, avec des fluctuations statistiques très importantes. L'application de concepts et de méthodes développés en physique statistique des réseaux complexes constitue donc une démarche naturelle pour l'étude et la caractérisation d'Internet.

Ainsi, de l'étude de l'infection des ordinateurs par un virus à la propagation de polluants dans l'environnement en passant par l'épidémiologie, la physique statistique n'a pas fini de percer les mystères des systèmes et phénomènes complexes. Pour qu'enfin, les réseaux ne soient plus inextricables.

À LIRE

- R. Pastor-Satorras, A. Vespignani. *Internet, structure et évolution*. Belin, Coll. Échelles, 2004.
- A. Barrat, M. Barthélemy, R. Pastor-Satorras, A. Vespignani. *The architecture of complex weighted networks*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101 (2004) 3747.
- A.-L. Barabási, E. Bonabeau. *Réseaux invariants d'échelle*. *Pour la Science*, n° 314, déc. 2003.

CONTACT

Laboratoire de physique théorique (LPT)
CNRS-Université Paris 11
Alain Barrat
Tél. : +33 (0)1 69 15 82 22
Mél : Alain.Barrat@th.u-psud.fr
Alessandro Vespignani
Mél : Alessandro.Vespignani@th.u-psud.fr

[Consulter le site web](#)
LPT

Marc Barthélemy
CEA-Centre d'études de Bruyères-le-Châtel
Département de physique théorique et appliquée
Mél : Marc.Barthelemy@cea.fr