# SciLogs

**La nouvelle communauté de blogueurs scientifiques francophones**

Grâce à ***Scilogs.fr***, dialoguez avec des chercheurs et acteurs du monde des sciences aux points de vue riches et variés. De blog en blog, explorez la science avec ceux qui la font, la décryptent, l'analysent : résultats de recherche, applications pratiques, perspectives insolites, débats éthiques et politiques… Pour vivre la science au quotidien !

**Best of Bestioles**
*Loïc Mangin*
Rédacteur en chef adjoint
*Pour la Science*

**Cerveau aux hormones**
*William Rostène et Jacques Epelbaum*
Neuroscientifiques, directeurs de recherche à l'Inserm

**Retrouvez aussi les autres communautés « SciLogs » : déjà plus 140 blogueurs scientifiques à l'international !**

**Signal sur bruit**
*Richard Taillet*
Astrophysicien, professeur chercheur au LAPTh

**Complexités**
*Jean-Paul Delahaye*
Mathématicien, informaticien, et auteur de la rubrique *Logique et calcul* dans *Pour la Science*

**Psycho Info**
*Jérôme Palazzolo*
Médecin psychiatre, à Nice et à l'Université Internationale Senghor, à Alexandrie, en Égypte

**Réflexions stochastiques**
*Jean-Jacques Kupiec*
Docteur en biologie, ingénieur de recherche Inserm au centre Cavaillès

**Prospective Spatiale**
*Christophe Bonnal*
Expert en astrophysique, président des commissions « Débris spatiaux » à la FIA et l'AIS

Connectez-vous maintenant pour découvrir www.Scilogs.fr !

Suivez les dernières actualités des blogueurs également sur les réseaux sociaux

Proposé par POUR LA SCIENCE

ENTRETIEN

# Internet au bord du précipice

*Pour empêcher la Toile de s'effondrer sous le poids des données, le réseau doit radicalement changer la manière dont il traite l'information, déclare le directeur des Laboratoires Bell.*

**Entretien avec Markus Hofmann**

Le nombre de téléphones intelligents, tablettes et autres gadgets connectés au réseau Internet dépassera celui des êtres humains avant la fin de l'année. Peut-être plus significatif encore, les appareils portables plus rapides et puissants qui arrivent sur le marché produisent et consomment du contenu à un rythme sans précédent. Les données globales des appareils portables ont bondi de 70 pour cent en 2012, d'après un récent rapport de *Cisco*, qui fabrique une bonne partie du matériel faisant fonctionner Internet. Mais la capacité de l'infrastructure du réseau mondial étant limitée, beaucoup de spécialistes se demandent quand cette limite supérieure sera atteinte et ce que nous ferons quand cela arrivera.

Il est bien sûr possible d'augmenter la capacité du réseau, de rajouter dans les câbles des fibres optiques pour transporter plus de données ou de décharger le trafic sur des réseaux satellites plus petits, mais ces mesures ne font que repousser l'inévitable. La solution serait de rendre plus intelligent l'ensemble de la structure. Cela demanderait deux ingrédients principaux : des ordinateurs et autres appareils capables de traiter au préalable et éventuellement filtrer ou agréger leur contenu avant de le déverser sur le réseau, ainsi qu'un réseau qui comprend mieux ce qu'il doit faire de ce contenu, plutôt que de n'y voir qu'un flux infini et indifférencié de bits et d'octets.

Pour apprendre comment ces avancées majeures pourraient être accomplies, nous nous sommes entretenus avec Markus Hofmann, directeur des Laboratoires *Bell* de recherche à Murray Hill, dans le New Jersey (États-Unis) – laboratoires constituant depuis 2009 la branche de recherche et développement d'*Alcatel-Lucent* et qui, depuis leur création en 1925, ont à leur actif le développement du transistor, du laser, des CCD et bien d'autres technologies pionnières du XX$^{e}$ siècle. M. Hofmann et son équipe voient le salut dans les « réseaux d'information », une approche qui promet d'augmenter la capacité d'Internet en augmentant son « intelligence ».

**POUR LA SCIENCE**

**Markus Hofmann, comment savons-nous que les limites de l'infrastructure actuelle des télécommunications s'approchent ?**

➜ **MARKUS HOFMANN :** Les signes sont subtils, mais ils sont là. Un exemple personnel : quand j'utilise *Skype* pour envoyer à mes parents en Allemagne des vidéos en direct de mes enfants jouant au hockey, la vidéo se fige parfois aux moments les plus palpitants. En général, cela n'a pas lieu très souvent, mais c'est de plus en plus fréquent, signe que les réseaux commencent à être débordés par le volume de données qu'on leur fait transporter.

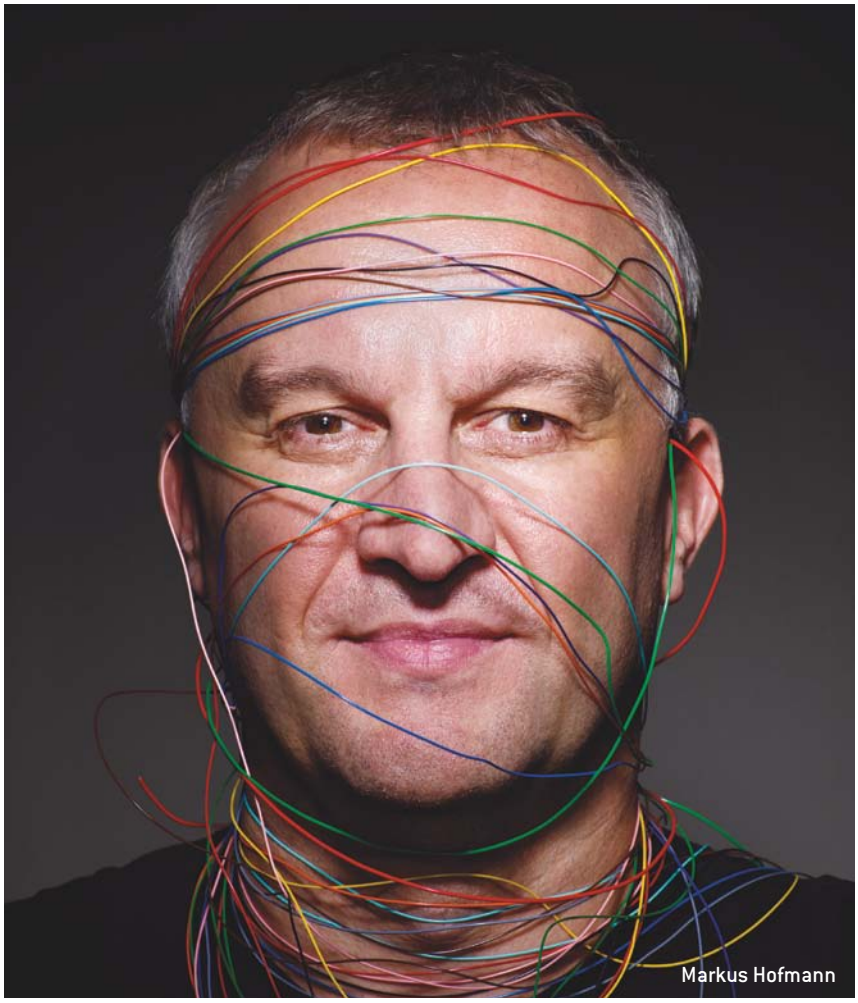
Nous savons que Dame Nature nous pose certaines limites : vous ne pouvez pas transporter plus d'une certaine quantité d'information par un canal de communication donné. Ce phénomène est ce qu'on nomme la limite non linéaire de Shannon (du nom de l'ancien mathématicien Claude Shannon, des *Bell Telephone Laboratories*), et elle nous dit jusqu'où nous pouvons pousser les technologies d'aujourd'hui. Nous sommes déjà très proches de cette limite, à un facteur deux environ.

Autrement dit, quand le trafic sur le réseau aura doublé par rapport à aujourd'hui (ce qui pourrait avoir lieu d'ici quatre à cinq ans), nous aurons dépassé la limite de Shannon. Cela nous indique que nous allons nous heurter à un obstacle fondamental. Il ne nous est pas possible de dépasser cette limite, pas plus qu'on ne peut augmenter la vitesse de la lumière. Il nous faut donc travailler avec ces limites et trouver des stratégies pour maintenir le niveau de croissance dont nous avons besoin.

**PLS**

**Comment empêcher Internet d'atteindre « la limite » ?**

➜ **MARKUS HOFMANN :** La façon la plus évidente est d'augmenter la bande passante en posant plus de fibres. Au lieu de se contenter d'un unique câble transatlantique à fibres optiques, par exemple, vous en installez deux, cinq ou dix. C'est l'approche par la force brute, qui est très coûteuse : il faut creuser le sol et poser la fibre, il faut de multiples amplificateurs, émetteurs et récepteurs optiques, et ainsi de suite. Pour



David Vellen

Markus Hofmann

que cela soit économiquement viable, nous devons non seulement intégrer de multiples canaux dans une unique fibre optique, mais également combiner de multiples émetteurs et récepteurs à l'aide de nouvelles technologies telles que l'intégration photonique. Cette approche constitue le « multiplexage spatial ».

Toutefois, se contenter de renforcer l'infrastructure existante ne suffira pas pour répondre aux besoins croissants des communications. Ce dont nous avons besoin, c'est d'une infrastructure qui ne voie plus simplement dans les données brutes des bits et des octets, mais plutôt des morceaux d'information ayant une pertinence pour l'utilisateur d'un ordinateur ou d'un téléphone. En consultant la météo, est-ce que vous voulez connaître la température, la vitesse du vent et la pression atmosphérique, ou est-ce que vous voulez simplement savoir comment vous habiller ? Telle est l'idée des réseaux d'information.

**PLS**

**En quoi les « réseaux d'information » diffèrent-ils de l'Internet d'aujourd'hui ?**

➜ **MARKUS HOFMANN :** De nombreuses personnes, à propos d'Internet, parlent de réseau « stupide », mais je n'aime pas ce terme. Ce qui a été au départ le moteur d'Internet, c'était l'échange asynchrone (pas en temps réel) de documents et de données. La plus forte exigence vis-à-vis du système était celle de la résilience : il devait être capable de continuer à fonctionner même si un ou plusieurs nœuds (ordinateurs, serveurs, etc.) s'arrêtaient de fonctionner. Et le réseau était conçu pour considérer les données comme du simple trafic numérique, et non pour interpréter la signification de ces données.

Aujourd'hui, nous faisons d'Internet un usage qui nécessite des performances en temps réel, qu'il s'agisse de regarder des vidéos diffusées en flux *(streaming)* ou de téléphoner. En même temps, nous engendrons beaucoup plus de données. Le réseau doit devenir plus informé sur le contenu qu'il véhicule afin de mieux établir les priorités dans les acheminements et de fonctionner plus efficacement.

Par exemple, si je fais une conférence vidéo dans mon bureau et que je détourne la tête de l'écran pour bavarder avec quelqu'un qui vient d'entrer dans la pièce, le dispositif devrait être capable d'interrompre la transmission vidéo jusqu'à ce que mon attention revienne vers l'écran. Le système reconnaîtrait que mon attention est engagée ailleurs et ne gaspillerait pas de bande passante pendant que je parle avec la personne dans mon bureau.

**PLS**

**Comment rendre un réseau plus informé du contenu qu'il transporte ?**

➜ **MARKUS HOFMANN :** Il y a différentes approches. Si vous voulez en savoir davantage sur les données qui traversent un réseau (par exemple pour envoyer au serveur Web le plus proche une requête d'utilisateur pour une page Web), alors vous utilisez un logiciel pour jeter un coup d'œil dans le paquet de données, ce qu'on appelle DPI (*Deep Packet Inspection*, Inspection des paquets en profondeur).

Imaginez une lettre physique que vous envoyez par la poste dans une enveloppe portant l'adresse du destinataire. Le service postal se moque de ce que dit la lettre ; seule l'adresse le concerne. C'est ainsi que fonctionne Internet aujourd'hui par rapport aux données. Avec le DPI, un logiciel dit au réseau d'ouvrir l'enveloppe des données et de lire au moins une partie de ce qui est dedans. Mais vous ne pouvez obtenir qu'une quantité limitée d'information de cette manière, et cela nécessite une importante puissance de calcul. De plus, si les données à l'intérieur du paquet sont cryptées, le DPI ne fonctionnera pas.

Une meilleure option serait d'étiqueter les données et de donner au réseau des instructions sur la façon de manipuler différents types de données. Il y aurait une règle qui dicterait qu'un flux vidéo a priorité sur un courriel, sans avoir besoin de révéler exactement ce qu'il y a à l'intérieur du flux vidéo ou du courriel. Le réseau prendrait simplement en compte ces étiquettes de données au moment de prendre des décisions d'acheminement.

**PLS**

**Les données qui circulent sur Internet ont déjà des étiquettes d'identification – pourquoi ne pas utiliser celles-là ?**

➜ **MARKUS HOFMANN :** Tout dépend du niveau auquel ces étiquettes sont utilisées. Par exemple, des paquets de données qui utilisent le protocole Internet ont un en-tête qui inclut la source et l'adresse de destination. On pourrait les considérer comme des « étiquettes », mais ils apportent une information très limitée. Ils n'indiquent pas à quel site Web l'utilisateur fait une requête. Ils ne disent pas si les données appartiennent à un flux vidéo (en temps réel) ou si elles peuvent être traitées par lots. Je parle d'étiquettes plus riches, de niveau supérieur, ou de métadonnées qui peuvent en partie être liées à ces étiquettes de plus bas niveau.

**PLS**

**Avec la hiérarchisation du trafic sur la base du contenu en information, le réseau risquerait-il de favoriser certains types de trafic aux dépens d'autres types ?**

➜ **MARKUS HOFMANN :** Cela ne devrait pas être différent de ce qu'on observe déjà, par exemple, sur les routes et dans les rues. Quand nous entendons un véhicule de secours avec ses sirènes hurlantes, nous sommes tous censés nous ranger sur le côté et dégager la voie afin de laisser ce véhicule passer aussi facilement et rapidement que possible, ce qui permet parfois de sauver des vies. Dans ce cas, l'étiquette est la sirène – dès lors que nous reconnaissons qu'il y a une urgence, nous n'avons pas besoin de savoir qui est dans le véhicule ni la nature de son problème, et nous nous comportons en conséquence. Devrions-nous également donner à certains paquets circulant sur Internet la priorité en cas d'urgence ? Tout est affaire de transparence et de comportements concertés – sur la route comme sur Internet.

**PLS**

**Même si un réseau plus intelligent peut aiguiller les données plus rationnellement, le contenu croît exponentiellement. Comment réduire la quantité de trafic qu'un réseau doit gérer ?**

➜ **MARKUS HOFMANN :** Nos téléphones, ordinateurs et autres gadgets engendrent une bonne quantité de données brutes que nous envoyons alors à des centres de données pour les traiter et les stocker. Dans l'avenir, nous ne pourrons plus recalibrer l'envoi de toutes ces données autour du globe pour qu'elles soient traitées dans un centre. Nous devrions plutôt nous tourner vers un modèle où les décisions sur le sort des données sont prises avant que ces dernières ne soient mises sur le réseau.

Par exemple, si vous avez une caméra de sécurité à l'aéroport, vous programmeriez la caméra, ou le petit serveur contrôlant de multiples caméras, pour faire localement de la reconnaissance faciale, en utilisant une base de données stockée dans la caméra ou le serveur, avant d'envoyer de l'information sur le réseau.

**PLS**

**Comment les réseaux d'information répondent-ils aux exigences de respect de la vie privée ?**

➜ **MARKUS HOFMANN :** Pour l'instant, le respect de la vie privée est binaire : soit vous préservez votre vie privée, soit vous y renoncez presque complètement pour obtenir certains services personnalisés, comme des suggestions musicales ou des bons de réduction en ligne. Il faudrait trouver un juste milieu, qui permettrait aux utilisateurs de contrôler leur information.

Le principal problème est qu'il faut que cela soit simple pour l'utilisateur. Voyez comme il est compliqué de gérer votre vie privée sur les réseaux sociaux. Par exemple, vous retrouvez vos photographies dans la galerie de photos de personnes que vous ne connaissez même pas. Il devrait y avoir l'équivalent numérique d'un bouton de réglage qui vous permette

## BIOGRAPHIE

**Markus HOFMANN, informaticien, dirige *Bell Labs Research*, l'organisme de recherche de la Société *Alcatel-Lucent* situé dans le New Jersey, aux États-Unis. Il a rejoint les Laboratoires *Bell* en 1998, après avoir travaillé à l'Université de Karlsruhe, en Allemagne.**

## BIBLIOGRAPHIE

M. Hofmann et L. Beaumont, **Content Networking**, Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

de trouver un compromis entre vie privée et personnalisation. Plus je révèle de choses sur moi-même, plus je reçois des services personnalisés. Mais je peux aussi faire fonctionner cela dans l'autre sens : si je souhaite fournir des renseignements moins détaillés, je peux quand même recevoir des offres personnalisées, quoique moins ciblées…

**PLS**

**Les cyberattaques tendent à profiter du caractère ouvert d'Internet, si bien que la sécurité est largement laissée à la charge des ordinateurs et autres appareils qui se connectent au réseau. Quel impact les réseaux d'information auraient-ils sur la sécurité d'Internet ?**

➜ **MARKUS HOFMANN :** L'approche des réseaux d'information apporte à l'infrastructure globale davantage de connaissance sur le trafic du réseau, ce qui pourrait être utile pour identifier et atténuer certains types d'attaques dirigées contre Internet.

D'autres facteurs pourraient compliquer cela. Je suppose (et j'espère) que le trafic de données sera de plus en plus crypté afin de contribuer à apporter véritablement de la sécurité et une protection de la vie privée. Bien sûr, une fois que les données sont cryptées, il devient difficile d'en extraire de l'information. C'est un défi pour la recherche : il faudra inventer de nouvelles méthodes cryptographiques, lesquelles préserveraient le secret tout en permettant de réaliser certaines manipulations mathématiques sur l'information chiffrée.

Imaginez par exemple que le revenu de chaque foyer d'une certaine région soit crypté et stocké sur un serveur du nuage (du *cloud*), de telle sorte que personne, à l'exception du propriétaire autorisé, ne puisse lire les montants. Il serait utile que ces montants soient cryptés de telle façon qu'un logiciel tournant sur le nuage puisse calculer le revenu moyen par ménage de la région, sans identifier les foyers précis, uniquement par des opérations portant sur les montants cryptés.

Une autre approche serait de développer des moyens astucieux de gérer des clefs de cryptage afin qu'elles puissent être partagées sans que ce partage compromette la sécurité. Habilement fait, rien de tout cela ne devrait être une charge supplémentaire pour l'utilisateur. Cet aspect est à la fois la clef et le défi. Combien d'utilisateurs cryptent leurs courriels aujourd'hui ? Presque personne, parce que c'est du travail en plus. ■

*Propos recueillis par Larry Greenemeier, journaliste à Scientific American.*

VRAI OU FAUX

# Faut-il s'étirer après le sport ?

*Ce n'est pas prouvé. Cela ne diminue presque pas les courbatures et risque de nuire aux muscles. En revanche, des étirements plus réguliers peuvent être bénéfiques.*

**Guillaume Millet**

On préconise souvent de s'étirer après le sport. Certains pensent que cela favorise la récupération, en augmentant le débit sanguin : des métabolites (petites molécules produites par les cellules) qui s'accumulent dans les muscles pendant l'effort et qui perturbent leur contraction seraient ainsi évacués. Cependant, aucune étude scientifique ne l'a confirmé. Une seconde vertu communément attribuée aux étirements est l'atténuation des raideurs musculo-tendineuses (les courbatures) qui surviennent après les efforts soutenus. Est-ce vraiment le cas ?

En 2011, Robert Herbert, de l'Institut George pour la santé mondiale, à Sydney, en Australie, a publié une synthèse portant sur 12 études de la question. Lors de ces études, les participants étaient interrogés sur l'intensité de leurs courbatures au lendemain d'une séance de sport, suivie ou non d'étirements. R. Herbert a conclu que les étirements consécutifs au sport ont des effets très faibles : en moyenne, les douleurs perçues un jour après l'effort diminuent de moins de un pour cent.

Notons toutefois que l'une des 12 études estimait cette diminution à quatre pour cent, ce qui commence à représenter un soulagement perceptible. Sa crédibilité est renforcée par le nombre élevé de participants (plus de 1 200, contre 10 à 30 habituellement pour ce genre d'études), mais ses conclusions sont à nuancer : il était demandé aux participants de s'étirer avant et après le sport, de sorte qu'on ne peut isoler les effets des étirements postérieurs à la séance de ceux qui lui sont antérieurs.

Quoi qu'il en soit, cela suggère que les étirements peuvent avoir des effets positifs. Et en effet, certaines études indiquent que, pratiqués régulièrement, ils renforcent les muscles. Les dommages musculaires associés au sport et leurs conséquences (inflammations, gonflements des fibres musculaires) seront alors moins importants. Ces dommages sont, par exemple, des allongements excessifs des sarcomères, des enchevêtrements de protéines internes aux cellules musculaires ; dans ces dernières, des enchaînements de sarcomères se contractent par glissement des protéines les unes le long des autres.

## Moins de dommages musculaires

En 2011, Huo-Cheng Chen, de l'Université Chiayi, à Taïwan, et ses collègues ont demandé à des participants d'effectuer des étirements réguliers pendant deux mois. Ils les ont ensuite soumis à un type d'efforts connus pour causer de grands dommages musculaires – et donc d'intenses courbatures. Ils ont ensuite analysé divers paramètres physiologiques et conclu à des dommages moins importants par rapport à un groupe contrôle qui n'avait pas effectué d'étirements.

Comment ces derniers renforcent-ils les muscles ? Des étirements assez réguliers pourraient augmenter le nombre de sarcomères en série dans les fibres musculaires ; dès lors, chaque sarcomère serait moins sollicité. De même, la longueur et la souplesse des tendons s'accroîtraient. Les caractéristiques des muscles et des tendons (et donc la propension aux courbatures) étant variables, les bénéfices des étirements seraient plus ou moins importants selon les personnes. Si vous vous sentez souvent raide après un effort, n'hésitez donc pas !

En résumé, il semble que les étirements ne diminuent pas notablement les courbatures s'ils sont faits uniquement après l'activité sportive. Pire : étirer un muscle trop fatigué et fragilisé risque de l'endommager encore plus. Après une compétition ou une séance épuisante, mieux vaut donc s'abstenir. D'autant plus s'il fait froid, car, après un exercice physique, le système immunitaire est temporairement affaibli, et il est ainsi préférable de vite se changer et se mettre au chaud.

En revanche, des étirements réguliers et progressifs, en dehors de toute séance sportive ou après une séance légère, seraient bénéfiques. On peut les effectuer soit en commençant par un petit échauffement (dix minutes de vélo d'appartement, un peu de corde à sauter, etc.), soit à froid ; dans ce dernier cas, on veillera à s'étirer encore plus progressivement que d'habitude. Les effets restent à confirmer, notamment par des études de plus longue durée : celles évoquées ici ne s'étendent que sur trois mois au maximum, de sorte qu'on ignore les conséquences d'étirements réguliers à plus long terme. ■

*Guillaume MILLET est professeur de physiologie de l'exercice à l'Université de Saint-Etienne.*