



badim 2020

A quoi ressemblera le monde dans 10 ou 15 ans ? Le numérique est-il en train de révolutionner nos sociétés ? Quelles nouvelles activités semblent émerger pour l'opérateur de demain ? A l'occasion de ses 20 ans, le Badim vous propose de vous projeter, chaque semaine, dans un épisode du futur !

Episode #4

Energie

L'électricité sans fil de demain : interview de Martin Maier

Pour aller plus loin sur le sujet de l'énergie sans fil, Martin Maier, chercheur à l'Institut national de la recherche scientifique du Canada, a accepté de répondre à quelques questions pour le Badim 2020 sur la possible généralisation de l'électricité sans fil et le devenir de l'électricité filaire.



Martin Maier est un professeur titulaire à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), la branche de recherche du réseau de l'Université du Québec. L'INRS se classe au premier rang au Canada en termes d'intensité de recherche. Martin Maier s'est joint à l'INRS en tant que professeur agrégé en mai 2005. Il a reçu les diplômes de maîtrise et de doctorat avec distinctions (summa cum laude) en génie électrique à la Technical university de Berlin en Allemagne en 1998 et 2003, avec une bourse de doctorat de deux ans attribuée par Deutsche Telekom. Durant l'été 2003, il a été boursier postdoctoral au MIT. Il a été professeur invité à la Stanford University d'octobre 2006 à mars 2007. Parmi ses distinctions, il a été co-récepteur du 2009 IEEE Communications Society Best Tutorial Paper Award. Il est l'auteur de "Optical Switching Networks" (Cambridge University Press, 2008) et l'auteur principal de "FiWi Access Networks" (Cambridge University Press, 2012).

Badim : L'électricité sans fil est déjà une réalité dans le monde des mobiles, avec les smartphones qui sont rechargés par induction (les modèles Nokia par exemple). Pensez-vous qu'elle va se généraliser dans les lieux publics ? À domicile ?

Martin Maier : La charge sans fil par induction est loin d'être nouvelle. Ceux d'entre nous qui utilisent une brosse à dent électrique à la maison ont bénéficié de cette technologie depuis un certain temps, probablement sans le savoir. Il pourrait y avoir des possibilités de charge sans fil non seulement pour les appareils nécessitant peu de puissance tels que les téléphones portables, mais aussi au niveau des appareils nécessitant une plus grande puissance tels que les appareils ménagers. La charge sans fil a déjà trouvé son application dans le transport public. Par exemple, à Genève, en Suisse, un service d'autobus électrique entre l'aéroport et le centre ville sera bientôt disponible cette année, où des infrastructures de charge sans fil seront installées aux arrêts de bus pour charger la batterie montée sur le toit de chaque autobus. Une autre technologie de charge sans fil est la soi-disant solution de mobilité électrique PRIMOVE de Bombardier pour charger les véhicules électriques à la volée par induction à travers des lignes électriques souterraines.

Quels pourraient être les problèmes générés si cette énergie sans fil devenait généralisée?

L'idée derrière la charge sans fil provient de Nikola Tesla. Dans le passé, le déploiement à grande échelle a échoué dû à un certain nombre de problèmes. Un tel système de recharge peut avoir quelques problèmes d'efficacité, à cause de la dissipation de la chaleur, de sa portée limitée, du temps de charge nécessaire, sans oublier les questions de sécurité.

Pourrait-on envisager que toute l'énergie électrique soit distribuée sans fil?

Je pense que par rapport à l'énergie sans fil, nous allons voir une situation similaire aux réseaux bimodales d'accès à large bande FiWi (c'est-à-dire *Fiber Wireless*). Les technologies de réseau sans fil améliorent la commodité, l'omniprésence et la mobilité, mais dépendent des réseaux optiques d'accès à haut débit pour transporter le trafic de données, de voix et de vidéo sans cesse croissant. De façon similaire à l'évolution des réseaux d'accès à faible bande vers ceux à large bande, nous pourrions assister à une évolution des réseaux d'énergie à faible puissance vers les réseaux à forte puissance où la distance maximale est courte initialement, mais allant en augmentant par la suite. Cependant, aux niveaux de l'agrégation et du « *long-haul* », nous continuerons de compter sur les lignes de transmission à haute tension qui existent actuellement dans les réseaux électriques. Il reste à voir ce que les acteurs clés tels que Power Matters Alliance (PMA) avec leur président d'honneur Vinton G. Cerf, un des fondateurs d'Internet et évangéliste Internet en chef de Google, sont capables d'envisager pour éventuellement standardiser le domaine de l'alimentation intelligente sans fil et de la puissance 2.0.

Pourquoi les lignes à haute tension seront-elles encore nécessaire?

Je crois que les lignes de transmission à haute tension vont continuer d'assurer une partie majeure de l'énergie nécessaire à l'Internet pour plusieurs raisons. Premièrement, le segment de transport des réseaux électriques avec leur capacité de surveillance (Exemple: [SCADA](#)) est déjà plus près de la réalisation de la vision d'une « smart grid » que leurs homologues de distribution. Deuxièmement, dans certaines régions telles que le Québec, la majorité des barrages et des générateurs hydroélectriques sont situés dans le nord de la province, où des lignes de transmission à haute tension sont nécessaires pour transporter l'électricité générée à travers de longues distances jusqu'au sud de la province, où la majorité de la population québécoise vit. Des observations similaires sont aussi valables pour l'hydroélectricité en Norvège ainsi que des projets de centrales thermiques solaires dans le désert telles que [DESERTEC](#). Troisièmement, les fermes de serveurs et les centres de traitement de données n'ont pas disparu avec la prolifération du partage de fichiers de pair-à-pair et des contenus générés par les applications Web 2.0. Typiquement, ces fermes de serveurs et centres de traitement de données peuvent se trouver à des endroits qui offrent certains avantages tels que la disponibilité de l'énergie à faible coût et ne doivent pas nécessairement se trouver près de usagers, qui se connectent à distance, par exemple, pour l'envoi et le téléchargement avec les serveurs de YouTube. Similairement, les micro-réseaux intelligents du futur, opérant en mode connecté/déconnecté, coexisteront avec les réseaux électriques de masse en échangeant de l'énergie bidirectionnellement, si besoin est.

Et pour les détails du réseau unique : l'interview de Martin Maier...



Martin Maier est un professeur titulaire à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), la branche de recherche du réseau de l'Université du Québec. L'INRS se classe au premier rang au Canada en termes d'intensité de recherche. Martin Maier s'est joint à l'INRS en tant que professeur agrégé en mai 2005. Il a reçu les diplômes de maîtrise et de doctorat avec distinctions (summa cum laude) en génie électrique à la Technical university de Berlin en Allemagne en 1998 et 2003, avec une bourse de doctorat de deux ans attribuée par Deutsche Telekom. Durant l'été 2003, il a été boursier postdoctoral au MIT. Il a été professeur invité à la Stanford University d'octobre 2006 à mars 2007. Parmi ses distinctions, il a été co-réceptiendaire du 2009 IEEE Communications Society Best Tutorial Paper Award. Il est l'auteur de "Optical Switching Networks" (Cambridge University Press, 2008) et l'auteur principal de "FiWi Access Networks" (Cambridge University Press, 2012).

Vous avez écrit un article intitulé « Le jour où l'Internet sera un fil conducteur de l'électricité ». Pourriez-vous détailler cette approche? Est-elle identique à celle de Jeremy Rifkin ?

Cela a débuté il y a quelques années lorsque nous travaillions sur la conception de réseaux d'accès "verts" efficaces énergétiquement. Nous avons étudié plusieurs techniques pour améliorer leur efficacité énergétique en concentrant le trafic dans le domaine temporel (Exemples: ordonnancement et fusion de paquets) et/ou dans le domaine spatial (Exemple: routage), de sorte que certaines parties du réseau deviennent inactives pour de courtes ou longues durées en tenant compte des statistiques du trafic. Nous avons aussi développé un système de gestion de l'énergie basé sur des techniques avancées de codage. Ce système fusionne plusieurs paquets en un seul, ce qui réduit le nombre de paquets à transmettre et qui permet donc de libérer de la bande passante. Certaines de ces techniques peuvent être trouvées dans IEEE standard 802.3az Energy Efficient Ethernet (EEE), qui fut approuvé au mois de septembre 2010 et représente le premier standard portant sur l'efficacité énergétique dans l'histoire de IEEE 802.3. La motivation primaire de nos travaux résulte du fait que les réseaux d'accès représentent la part primaire de la consommation d'énergie de l'Internet, soit approximativement 70% de l'ensemble, contre 30% pour les réseaux de base.

Depuis quelques années, cependant, notre objectif a changé, allant de l'efficacité énergétique des réseaux d'accès vers les infrastructures de télécommunications des réseaux électriques intelligents du futur, nommés « *smart grids* ». Ce changement d'optique tient à plusieurs leçons que nous avons apprises.

Premièrement, il existe un paradoxe, nommé Jevons, qui dit qu'« un progrès technologique qui augmente l'efficacité énergétique à l'aide de la ressource utilisée tend à augmenter (et non diminuer) le taux de la consommation de cette dite ressource. » Par conséquent, essayer de réduire la consommation d'énergie en augmentant l'efficacité énergétique peut éventuellement hausser la demande d'énergie.

Deuxièmement, selon le rapport GeSi SMART2020, le secteur des technologies de l'information est responsable de seulement 2 % des émissions mondiales de carbone. Ce secteur se compose de trois parties :

- 1) les centres de données,
- 2) ordinateurs personnels et périphériques,
- 3) les appareils et infrastructures de télécommunications.

Les appareils et infrastructures de télécoms, dont essentiellement les réseaux d'accès, causent seulement un quart des émissions de Co2 dues aux télécoms, soit 0.5 % de l'ensemble de toutes les émissions. Ils ont donc un impact environnemental relativement faible par rapport à d'autres secteurs économiques.

Troisièmement, les fabricants semblent réticents à l'idée de s'impliquer plus pour réduire les émissions, afin de respecter le compromis qui existe aujourd'hui entre la réduction de consommation d'énergie et les exigences provenant des clients quant au niveau de la qualité de service (QoS) à offrir.

Quatrièmement, l'Agence fédérale de recherche du Canada (CRSNG) a postulé que les réseaux de communications doivent être « un moyen pour une fin et non une fin en soi », et qu'il s'agit donc de les exploiter non pas seulement pour les télécommunications, mais aussi dans le but d'optimiser tous les secteurs économiques. À cette fin, nos travaux visent à repenser le rôle des réseaux optiques en mettant l'emphase sur les communications, l'énergie et le domaine du transport des *smart grids* émergentes et des applications de mobilité électrique qui en résulte, ainsi que des réseaux optiques et sans-fil (FiWi) en tant que réseau d'accès à large bande.

Notre approche est similaire à celle de Jeremy Rifkin puisque notre objectif est d'exploiter la convergence des nouvelles technologies de communications et des nouveaux systèmes d'énergie renouvelables dans le but de créer une société de micro-réseaux intelligents et de permettre la mobilité électrique à grande échelle. Ceci marquera le début de la troisième révolution industrielle de Rifkin pour atteindre les objectifs fixés dans l'EU 2020 et sa feuille de route de 2050 pour une économie à faibles émissions de carbone.

Cependant, notre approche utilise un point de départ différent et aborde les problèmes ci-dessus d'un point de vue technologique et non sous un angle économique.

En juin 2012, j'ai lancé le groupe de réflexion interdisciplinaire Lee Chi Networks sur les réseaux réinventés. Le monde en 2030 sera de plus en plus un monde de réseaux, où les communautés ayant des intérêts communs profiteront de systèmes avancés d'informations et de communications. La vision de Lee Chi Networks se base sur le rapport de la National Intelligence Council, « Global Trends 2030: Alternative Worlds », un cadre de travail pour les réflexions stratégiques par rapport au futur, publié au mois de décembre 2012. Les deux principaux scénarios du futur sont « La fusion – un âge de convergence » et « La montée des acteurs sans Etat ». Ces scénarios sont particulièrement intéressants pour Lee Chi Networks puisque les années 2020 peuvent se révéler être l'âge d'or de la technologie et des acteurs sans Etat tels que les mégapoles, les riches philanthropes, les *think tanks* et la création de nouvelles technologies conçues par des universités qui favorisent la montée des classes moyennes dans un système sociétale mondialisé (pour plus d'informations, voir <http://www.leechinetworks.com/>).

Sous un angle plus technique, notre objectif est de tirer parti des leçons apprises sur Internet et d'explorer de nouvelles applications *smart grids* innovantes. Comme Rifkin, nous croyons au potentiel des ressources renouvelables distribuées, grâce à l'acquisition d'une meilleure compréhension des similitudes de l'Internet, qui est « un réseau de réseaux, » et du *smart grid*, qui est « un système de systèmes ». Ces termes apparaissent dans la norme récemment publiée IEEE P2030, l'une des premières normes sur le *smart grid*. En revanche, nous étudions les limites de ces similitudes, étant donné que l'Internet est en constante évolution et passe présentement d'un paradigme distribué vers un paradigme centralisé (illustration : le *cloud computing*). Nous étudions aussi le rôle des communications humaines (humain-à-humain) dans le *smart grid*, qui peut être vu comme étant un exemple primaire du modèle de l'Internet des objets basé sur des communications entre machines (machine-à-machine).

Dans ce contexte, il vaut la peine de mentionner le livre inspirant de Nicholas Carr qui s'intitule « *The Big Switch: Rewiring the World, from Edison to Google* », qui élabore des analogies entre les ordinateurs personnels d'aujourd'hui et les outils informatiques utilitaires, par exemple, Google, et les anciens générateurs électriques personnels qui furent remplacés par des systèmes électriques centralisés modernes, nous donnant ainsi les options entre répéter l'histoire (cycles successifs de décentralisation/centralisation) ou d'imaginer de nouvelles applications et services jamais vues en tirant parti du stockage distribué et de la capacité de traitement disponible auprès des ordinateurs personnels et portatifs via des réseaux d'accès haut débit FiWi.

Plus précisément, le futur du *smart grid* pourrait aller avec une décentralisation des réseaux d'électricité par l'intégration de sources d'énergie renouvelables distribuées. Au lieu de passer par des cycles répétitifs, semblables à la mode, nous devons réfléchir aux nouveaux paradigmes à long terme. Il semble être prometteur d'explorer des nouvelles façons d'exploiter les équipements TIC existants, y compris les véhicules électriques connectés à la fois au réseau électrique et à l'Internet, en les combinant avec des sources d'énergie réparties dans le but de trouver le « *sweet spot* » de centralisation des communications et de la décentralisation de l'énergie. Dans le cas contraire, l'équipement existant TIC va continuer de souffrir de sous-utilisation ou de remplacement, ce qui exacerbe le problème des déchets électroniques (« *e-waste* »).

Vous travaillez sur les rapprochements des réseaux télécom et énergie, avec votre laboratoire Optical Zeitgeist, notamment sur le FiWi (*Fiber Wireless*), pourriez-vous en rappeler l'approche? Comment voyez-vous la suite du FiWi ?

Récemment, j'ai assisté à IEEE Smart Grid World Forum à Genève en Suisse, qui est un événement unique sur le *smart grid* avec uniquement des conférenciers invités. Tout au long de cette conférence, il est devenu clair que les pierres d'assise, pour rendre possible les *smart grids* en tant que facilitateurs pour les villes intelligentes durables à faible carbone, ne sont pas le manque de faisabilité technologique, mais plutôt le manque d'analyse d'affaires et des cadres réglementaires. En fait, il existe une panoplie de technologies disponibles de réseaux d'accès filaires et sans-fil pour permettre la communication *smart grid* dans les réseaux de distribution électrique, sur lesquels la compagnie d'électricité n'a peu ou pas de visibilité, contrairement aux réseaux de transmission. Si l'on cite quelques exemples (qui ne sont pas limités à ceux-ci): Power line communications (PLC), les réseaux satellites, les messages textes SMS et la radio cognitive, etc. Tout ceci laisse ainsi les compagnies d'électricité dans une situation incertaine. En revanche, l'objectif des compagnies d'électricité est, en général, d'utiliser seulement un petit nombre de technologies d'accès peu coûteuses, simples, fiables et durables pour obtenir des solutions efficaces à long terme. Notre approche est basée sur des technologies Ethernet simples et à faible coût qui permettent d'éviter les inconvénients des technologies alternatives. Spécifiquement, nous étudions des solutions de réseaux d'accès FiWi de bout en bout qui déploient un mélange de technologies basées sur les réseaux passifs optiques Ethernet (EPON), WiMAX et les réseaux maillés WiFi, couplés à des senseurs optiques et sans fil, couvrant ainsi entièrement le réseau de distribution électrique. Le design de ces réseaux optiques sans-fil de senseurs (Fi-WSNs) dépend d'un certain nombre de paramètres, notamment : la densité de population, la complexité de l'environnement électrique, le droit de passage, les droits de licence, etc. Parmi les nombreux défis, nous explorons de nouveaux paradigmes de communication pour contrôler conjointement les véhicules électriques et les sources d'énergie distribuées renouvelables de micro-réseaux intelligents ainsi que des modèles collaboratifs d'implémentation.

Les réseaux FiWi pourraient également jouer de plus en plus un rôle majeur dans les réseaux émergents avancés LTE, où les réseaux optiques backhaul seront utilisés pour interconnecter les stations de base pour ainsi permettre la transmission et la réception de la coordination multipoint (CoMP). De plus, les réseaux sans fil frontaux des réseaux d'accès

FiWi peuvent être utilisés pour diminuer la congestion dans les réseaux cellulaires qui atteignent la limite de Shannon, tout en aidant à réduire leur complexité pour finalement améliorer le délai de latence.

Que pensez-vous du LIFI ?

Le Light Fidelity (LiFi), aussi connu sous le nom de visible light communications (VLC), est certainement une technologie d'accès alternative intéressante, qui peut s'avérer très utile dans le contexte de certaines applications spécifiques, telles que dans les avions, où les interférences radios sont à éviter. Cependant, cette technologie a un certain nombre d'inconvénients non négligeables. Premièrement, le LiFi peut très bien fonctionner pour le trafic en aval, par exemple d'une source lumineuse vers les usagers. Cependant, il peut ne pas être évident pour générer la lumière pour le trafic en amont. Deuxièmement, le LiFi nécessite que la source de lumière soit allumée en permanence durant la transmission de données, à un faible niveau de puissance si aucun éclairage n'est nécessaire. Lors d'une panne de courant, le LiFi devient indisponible pour la transmission de données. Le LiFi ne semble donc pas être un bon candidat pour les applications *smart grid* où les communications sont crucialement nécessaires pour opérer des algorithmes de coordination de récupération rapide et de réponses d'action lorsque des pannes (de plus en plus fréquentes) surviennent dans le réseau électrique.

Les télécoms utilisent aujourd'hui les courants porteurs pour véhiculer les données, avec les *plugs* dans les domiciles des particuliers par exemple pour compléter le Wi-Fi. Est-ce que finalement ce sont les télécoms qui vont véhiculer l'énergie ?

La technologie *Power line communications* (PLC) a été étudiée depuis des décennies. À certains égards, ce PLC est similaire aux communications sans fil. Le canal de communication est sujet à une variété de déficiences graves physiques de transmission, mais aucun coût d'installation de l'infrastructure n'est nécessaire puisque les lignes électriques sont déjà en place, du moins dans la majorité des pays en développement. Les technologies PLC peuvent être utilisées à l'intérieur pour des applications de réseautage de maison, parfois connu sous le nom de « *last inch access* », en tant qu'infrastructure peu coûteuse pour réaliser des applications de domotique, de sécurité et de contrôle d'accès, pour la gestion de l'énergie et pour automatiser la lecture des compteurs. Il faut noter les récents progrès de standardisation pour les maisons intelligentes basées sur le PLC, par exemple HomePlug AV et les réseaux d'accès de dernier kilomètre *Broadband over power line* (BPL) qui utilisent des coupleurs pour contourner les éléments du réseau électrique tels que les transformateurs, qui nuiraient à la transmission de signaux. En revanche, la technologie PLC souffre d'un inconvénient fondamental. Comme le LiFi, le PLC peut fonctionner correctement dans des conditions normales. Lors de pannes d'électricité, cependant, le réseau devient indisponible pour le dépannage et la gestion des pannes pour les réseaux intelligents de distribution électrique, ce qui représente un inconvénient majeur.

Concernant la seconde partie de la question, il semble y avoir une tendance à ce que les telcos entrent sur le marché de l'énergie dans les pays développés et ceux en voie de développement. Outre les cas de KT et Telecom Italia, un exemple intéressant est la nouvelle offre de centrale électrique virtuelle de Deutsche Telekom, où les maisons déploient localement des générateurs de chauffage et d'électricité pour permettre à la fois de chauffer l'eau et de générer de l'électricité, ce qui diminue non seulement la charge du réseau électrique, mais aussi diminue les pertes causées lors de la transmission. Dans certains pays en voie de développement, les stations de base sont alimentées par des sources d'énergie renouvelables locales, plus particulièrement à l'aide de panneaux solaires et d'éoliennes. Ainsi, l'énergie excédentaire est utilisée pour recharger les téléphones cellulaires des abonnés qui n'ont pas accès aux prises de courant gratuitement.

Pensez-vous que les réseaux télécoms et énergie vont fusionner ?

En résumé, je crois fortement que les télécommunications et les réseaux d'énergie fusionneront pour profiter des bénéfices de la troisième révolution industrielle de Rifkin. Il est cependant important de comprendre de quelle façon et pour aller dans quelle direction. Malgré les activités récentes de recherche qui démontrent que les médias optiques et sans fil peuvent aussi être utilisés pour transférer de petites quantités d'énergie sur des distances limitées, il est prévu que les technologies optiques et sans fil représentent les deux dernières pierres d'assise des futurs réseaux de communications, où le cuivre reste le médium de transmission d'énergie (mais pas nécessairement de données) de choix pour les futurs réseaux électriques intelligents. Durant les dernières décennies, les deux types de réseau ont développé séparément un ensemble riche de techniques d'ingénierie et d'outils. Malheureusement, la majorité des projets de recherche sur le *smart grid* mettent l'accent sur la perspective de communications ou sur celle du réseau électrique sans toutefois étudier les interactions entre celles-ci. Pour combler cet abîme entre les communications et le réseau électrique et permettre de faire de la recherche interdisciplinaire *smart grid*, une première étape sera de développer des outils efficaces de co-simulation. À cette fin, Martin Lévesque, un étudiant dans notre groupe de recherche poursuivant actuellement son doctorat portant sur l'étude des performances et la co-simulation d'infrastructures de communications *smart grid*, sera en étroite collaboration avec EDF R&D sur le sujet durant un stage de quatre mois à Clamart, en France. Si l'on exclut les questions technologiques, la réglementation et les modèles d'entreprise joueront un rôle majeur pour rendre l'Internet de l'énergie une réalité.

Si télécom et énergie convergent, comment pourraient se restructurer ces écosystèmes aujourd'hui différents?

Ce développement dépend fortement des cadres de réglementation et de politiques, spécialement dans le cas des compagnies électriques publiques, qui doivent avoir un mandat de la part des gouvernements qui les possèdent. La convergence des secteurs des télécoms et de l'énergie donne lieu à de nouveaux produits, applications et services imprévus et préparera le terrain pour de nouveaux acteurs qui sauront saisir les occasions uniques pour faire face à certains défis clés, tels que la nature intermittente des énergies renouvelables et la mobilité multimodale, en gardant un bon rapport qualité prix tout en étant efficace énergétiquement. Pour reprendre les mots de Ben Horowitz, je crois que les produits et les services qui semblent bizarres aujourd'hui ouvriront la voie à de nouveaux marchés dans plusieurs secteurs économiques différents en stimulant de nouveaux désirs, notamment du côté de la Génération Y, pour qui le partage des produits semblent plus attirant que posséder et consommer ceux-ci. Rachel Botsman, dans son livre qui a eu beaucoup de retentissement, « Ce qui est à moi est à vous: la montée de la consommation collaborative », explique que « la monnaie de la nouvelle économie collaborative est la confiance ». Elle a raison, et je suis persuadé que les technologies sur lesquelles nous travaillons dans le cadre de cette fusion des réseaux de l'énergie et des télécoms ont un rôle à jouer majeur pour ce critère de confiance qui serait à même, en particulier, de concrétiser cette économie du partage...