

DE L'INELUCTABILITE DU RESEAU PERVASIF

Rafi HALADJIAN

Imaginons un domicile, une chambre d'hôtel, un entrepôt, une place publique... dans lesquels les objets courants, les panneaux indicateurs, les écrans, les dispositifs de communication se mettent instantanément à notre service dès que nous en franchissons le seuil : c'est la « troisième révolution informatique », celle de l'intelligence ambiante et des réseaux « pervasifs », aussi évidents que le courant électrique. Des myriades de puces s'insèrent dans l'environnement et dans les objets du quotidien, capables de se repérer dans l'espace, de se reconnaître les uns les autres et de se relier en réseau, sans fil. Chaque individu se déplace entouré de sa « bulle de communication » et, selon l'endroit où il se trouve, interagit avec les bulles d'autres individus ou des objets situés dans son environnement... Rafi Haladjian nous décrit cette vision et les « ingrédients » qui permettront de la concrétiser.

Sémiologue de formation, Rafi Haladjian a consacré toute sa carrière aux réseaux et à leurs usages. Acteur du paysage télématique français dès 1983, Rafi Haladjian fonde en 1994 FranceNet, premier opérateur internet en France. En 2003 Il fonde Ozone, premier opérateur du Réseau Pervasif et co-fonde Violet, qui met au point des technologies et des produits d'Intelligence Ambiante. Ce texte est la version longue du texte de Rafi Haladjian publié dans le livre Mobilités.net.

Jalons de l'histoire de l'informatique	2
Le Réseau Pervasif : maillon manquant de l'évolution	8
Le Réseau Pervasif : cahier des charges V 1.0	9
L'Intelligence Ambiante : habiter le réseau	10
Ingrédients pour la construction du Réseau Pervasif et de l'Intelligence Ambiante	15
Usages : R&D v/s Darwin	20
Augures	21



“ Aller de l’avant en regardant dans le rétroviseur ”, conseillait Marshall McLuhan. La mise en perspective historique, l’analyse de tendances longues, la prise en compte de l’ensemble des courants en jeu dans l’écosystème, permettent de relativiser les phénomènes et comportements d’aujourd’hui en les appréhendant comme des étapes transitoires au sein d’une histoire en mouvement. La tentation facile de considérer nos habitudes actuelles comme éternelles ne peut conduire qu’à des situations “ d’acharnement thérapeutique ”, qui tentent d’améliorer, tout en les préservant coûte que coûte (et au prix d’accidents industriels et commerciaux), les paradigmes, solutions et mêmes¹ en vogue aujourd’hui.

Voir dans le futur le simple prolongement des valeurs et usages que nous pensons aujourd’hui acquis et immuables fausse notre vision prospective. Il en va de même dans une analyse monadique qui n’envisage que l’avenir de chacun des composants de l’ensemble, indépendamment des forces en jeu dans l’écosystème. Imaginer les réseaux de demain suppose de considérer l’histoire et l’évolution des usages, des technologies, de l’informatique, de l’industrie électronique etc.

Mais l’évolution n’est pas réductible au progrès. Là où le progrès peut apparaître comme linéaire (la même chose en mieux), l’évolution peut générer des ruptures, des recombinaisons complètes des modèles actuels, sous l’effet des différentes forces en jeu dans l’écosystème. C’est donc imbibé de cette méthode (et croyance) historico-évolutionniste que je me propose de me livrer à l’exercice prospectif suivant : vers quoi tendent les réseaux, leurs usages, les systèmes d’information et la mobilité ?

Jalons de l’histoire de l’informatique

L’évolution de notre/nos rapport(s) avec la/les machine(s) depuis que les ordinateurs sont apparus, au lendemain de la première guerre mondiale, se décompose en trois périodes, comme autant de jalons dans notre navigation à travers l’écosystème à analyser.

- Période 1 : Le composant électronique coûte cher. Les ordinateurs sont par conséquent rares, contrôlés par un nombre réduit d’acteurs, et partagés entre de nombreux utilisateurs. C’est l’époque de l’ordinateur central : un ordinateur pour plusieurs utilisateurs.
- Période 2 : Le composant électronique est plus abordable. Il devient possible de construire un plus grand nombre d’ordinateurs, pratiquement un par personne (ou par foyer). C’est l’époque de l’ordinateur personnel (PC) : un ordinateur pour un utilisateur.
- Période 3 : le composant électronique coûte un prix dérisoire, n’importe quel objet peut en contenir un et devenir plus ou moins une machine “ intelligente ”, c’est-à-dire un ordinateur. C’est l’époque des *objets intelligents* : plusieurs ordinateurs pour un seul utilisateur.

Nous sommes aujourd’hui à l’orée de la troisième période. Le nombre d’objets disposant de capacités de calcul, de logiciels, de données, devient de plus en plus en plus important : téléphones portables aux

¹ Même : unité d’information culturelle qui se répand à travers une culture et ses croyances de la même manière qu’un gène se reproduit dans une population (voir Richard Dawkins, *The Selfish Gene*),.

fonctions multiples, assistants personnels, appareils photo ou baladeurs numériques, ordinateurs embarqués de voiture, systèmes audiovisuels, jouets etc. Et cette tendance s'accélère avec l'apparition des montres communicantes, de l'électroménager ou des meubles intelligents, l'utilisateur est entouré d'objets dotés des caractéristiques d'un ordinateur : puissance de calcul, logiciel, données et, souvent, une capacité embryonnaire de communiquer.

Ce canevas schématique de l'évolution de l'informatique et de l'électronique, mais aussi de la relation de l'homme à la machine, permet de structurer l'observation d'un certain nombre de tendances.

La Machine au centre → L'Homme au centre

Nous sommes passés d'une période où l'activité de l'homme devait s'adapter à celle des ordinateurs (Période 1), à une époque où l'ordinateur était l'alter ego, le prolongement, le complément de l'homme (Période 2) pour entrer dans une période où l'utilisateur est l'élément central et où il appartient donc à la communauté des machines de s'organiser autour de l'Homme.

Homme/Machine → Homme/Réseau de machines

Chacune des périodes s'ouvre par une zone de chevauchement qui perpétue les pratiques de la période précédente. Ainsi, au début de l'ère du PC, l'utilisateur devait s'adapter aux contraintes liées au langage de l'ordinateur. Mais, avec l'apparition des interfaces graphiques, de la souris, de la notion de convivialité (*user-friendliness*) l'ordinateur est devenu " l'égal " de l'homme, son pair, son meilleur ami.

Nous sommes actuellement dans une même période de chevauchement : l'utilisateur dispose de plusieurs machines intelligentes, mais le PC reste le centre de gravité autour duquel les autres objets s'organisent (ils en sont les *périphériques*). L'utilisateur n'a pas un rapport avec la *communauté* de ses objets mais un rapport *individuel*, un à un (*one to one*), avec chacun d'entre eux. Nous ne sommes donc pas encore dans un modèle " plusieurs ordinateurs pour un utilisateur ", mais " plusieurs fois un ordinateur pour un utilisateur ".

L'homme n'est donc pas encore entouré d'un *réseau d'objets*, mais d'un *archipel d'objets*, entités indépendantes ayant chacune sa relation jalouse avec l'utilisateur, sa logique propre, ses propres données (souvent redondantes), ces objets collaborant assez peu ensemble.

Ce passage du rapport Homme/Machine à Homme/Réseau est extrêmement important. Il modifie complètement le paradigme. Un réseau n'est pas la somme de ses composantes, mais une dimension nouvelle. Concevoir un objet comme faisant partie d'un réseau change radicalement notre appréhension des choses. Par exemple, lorsque nous envisageons aujourd'hui des appareils domestiques communicants, nous limitons leurs fonctionnalités à la possibilité d'effectuer un certain nombre de tâches à distance : je peux déclencher l'ouverture des fenêtres de ma maison de campagne depuis mon bureau. Il ne s'agit là que d'un rapport homme/machine effectué à travers un réseau qui ne sert que de télécommande. Un réseau de machines se comporterait plutôt comme dans l'exemple (dérisoire) suivant : lorsque mon four a terminé la cuisson du gigot, il ne m'informe pas en émettant un

signal sonore dans la cuisine (comme dans mon rapport actuel un-à-un de moi avec mon four), mais en informant l'ensemble des autres objets de la maison que le gigot est cuit, l'objet le plus proche de moi (par exemple la télévision que je regarde en attendant la cuisson) me délivrant alors le message.

Cette logique de Machines en Réseau a donné lieu grâce à l'Internet au concept et aux technologies dits des " Web Services ", dans lesquels une application résidant sur une machine délègue à une autre machine connectée au réseau le soin d'effectuer pour elle une tâche donnée. L'apparition de l'XML, langage permettant d'échanger des informations entre machines hétéroclites, va également dans le sens du Réseau de Machines.

Réseau d'accès → Réseau de partage

Dans l'écosystème, l'histoire de l'informatique, celle des réseaux et du pouvoir de l'Utilisateur se structurent et s'influencent mutuellement.

Au commencement était l'ordinateur central. L'Homme n'était alors qu'un utilisateur, son moyen d'accès s'appelait un Terminal. Il ne pouvait que très peu altérer le comportement de la machine. Les ressources informatiques étaient tellement chères qu'il était plus avantageux de construire des réseaux pour en partager les capacités. C'est pour cette raison qu'est né en 69 l'ARPANET, ancêtre de l'Internet. Le minitel est également un beau produit de cette période. Dans les années 80, fournir un appareil très bête permettant d'avoir accès à la puissance et aux données stockées sur des machines alors très chères était parfaitement pertinent²,

Avec l'avènement du PC (de son vrai nom, Personal Computer), la capacité de traitement a été donnée à l'Homme. Chacun devenait une cellule de production plus ou moins autonome. L'Utilisateur avait désormais plus de pouvoir. Il pouvait effectuer les tâches qu'il souhaitait, installer des logiciels et les paramétrer pour un usage beaucoup moins contraint qu'en mode Terminal. Toutefois, son action restait limitée à sa seule machine. L'Internet a connu l'essor que nous connaissons avec la banalisation de l'usage du PC. Il est arrivé dans cet écosystème pour permettre d'étendre et de distribuer cette production confinée, de désenclaver ces ordinateurs. L'irrésistible tendance à la prise de pouvoir de l'Utilisateur (*empowerment*) démarre avec le PC. Toutes les tentatives qui consistaient à enlever ce pouvoir à l'Utilisateur, à le reléguer dans un rôle passif de consommateur, de périphérique d'un système central, ont échoué³.

Mais nous avons toujours de l'Internet une vision Web, c'est-à-dire une approche minitelienne. Conception réductrice et dangereuse, qui postule que Internet = Web (+ Email). Le Web est un média, un média *One to Many*, qui considère la majorité des acteurs comme passifs et terminaux. Le seul

² L'histoire du minitel et de son évolution est d'ailleurs exemplaire des dérives de l'analyse prospective linéaire: le Minitel, dans sa modestie technique était parfaitement pertinent dans la période où il est apparu. Lorsque l'Internet a commencé à se développer au début des années 90, France Telecom n'y a vu qu'un minitel plus rapide et en couleur. D'où la proposition des " monstres " Minitel Vitesse Rapide (TVR), ou du Minitel Photo, très vite oubliés. Ne sommes-nous pas en train d'assister au même type d'acharnement thérapeutique avec la téléphonie de 3^{ème} Génération. Là où le GSM, ou téléphonie de 1^{ère} Génération était simple, pertinent et utile, le Téléphone Portable Vidéo-Couteau Suisse n'est-il pas un monstre mort né ?

pouvoir qui est accordé à l'Utilisateur est celui de l'*interactivité*, espèce de politesse cynique de la part du fournisseur de contenu qui écoute ce que souhaite son consommateur. Lorsqu'on parle aujourd'hui d'Internet Mobile, on entend généralement la possibilité de consulter le Web et d'envoyer des emails de partout. Il s'agit donc plus de Web Mobile que d'Internet Mobile à proprement parler.

Les architectures réseau mises en place sont conformes à cette image de l'utilisateur-consommateur ou de « l'Internet-Minitel-Mondial »: les liaisons ADSL sont asymétriques (le A de ADSL signifie Asynchronous), comme l'étaient les accès du Minitel : la capacité de transmission du réseau vers l'utilisateur est toujours prévue comme étant largement supérieure à la capacité de transmission de l'utilisateur vers le reste du réseau. L'utilisateur reçoit beaucoup, envoie très peu.

Mais il s'est produit à la fin des années 90 une véritable révolution avec le *peer to peer*. L'analyse du phénomène a été largement détournée par des considérations annexes liées à la piraterie. Or il faut avant tout y voir la possibilité pour chaque individu d'être à la fois un offreur et un demandeur de contenu. C'est là le début d'un Internet post-webique au contenu désormais non centralisé, dispersé. Chacun y est client et serveur.

Nous connaissions les services *B to C (Business to Consumer)*, les services *B to B (Business to Business)*, les services *B to [C to C]* (services de type eBay, dans lesquels une entreprise permet à des utilisateurs de faire du commerce entre eux), mais nous n'avions pas encore de véritable *C to C*. Le *peer to peer* est ce *C to C*.

En termes de pouvoir, il marque l'avènement de la communauté des utilisateurs comme acteur à part entière de l'écosystème. L'enseignement essentiel est le suivant : un très grand nombre d'unités aux ressources très limitées qui collaborent ensemble et en réseau, peuvent devenir beaucoup plus puissantes que de grandes unités ayant beaucoup de ressources⁴.

Nous pensons toujours les réseaux comme des réseaux d'accès à un contenu. " L'Utilisateur " en reste le point terminal⁵. Ce type de réseau correspond à une vision de l'économie qui est celle de l'ère industrielle : d'un côté un nombre réduit de producteurs, de l'autre des consommateurs. Or un réseau n'est pas seulement un média. Un réseau est un moyen de communication y compris pour des échanges non-marchands. Lorsque je souhaite télécharger depuis le serveur MP3 de ma voiture les musiques qui se trouvent sur le serveur de mon domicile, je suis en tant qu'Utilisateur à la fois l'émetteur et le récepteur. Lorsque je permets aux habitants de mon immeuble d'accéder à mes vidéos (par exemple de vacances, pour rester politiquement correct) stockées sur mon serveur domestique, je suis un émetteur d'information. Il est donc nécessaire de ne plus penser les réseaux en tant que moyen

³ Par exemple la vogue des Network Computers, l'Internet sur la Télé ou le WAP

⁴ Il est ironique de voir que l'échange de musique et de vidéos sur les réseaux de *peer to peer* a été concomitamment, la véritable réalisation des rêves de Jean-Marie Messier pour Vivendi Universal ou Steve Case pour AOL-Time Warner. A travers des méga fusions, l'objectif de Messier ou Case était de contrôler les tuyaux et d'énormes fonds de contenus. Mais les contenus contrôlés par Time-Warner ou Vivendi-Universal étaient dérisoires comparés à la somme des contenus et des capacités de diffusion disponibles chez les Utilisateurs.

d'accès à l'information, mais en tant que moyen de partage de l'information dans un environnement où tout utilisateur peut aussi être un producteur ou, mieux, un co-producteur.

La vision asymétrique du réseau correspond par ailleurs à un modèle dans lequel le point terminal de la communication reste un Utilisateur, c'est-à-dire un Homme. Or, dans un réseau d'objets, l'échange se fait d'une machine vers une autre machine sans qu'il ne soit possible de déterminer a priori et de manière permanente quelle est la hiérarchie des rôles et donc des flux entre ces différentes machines.

Se connecter → N'être jamais déconnecté

Dans les premiers temps de l'Internet, la connexion de l'utilisateur se faisait à travers un modem analogique sur une ligne téléphonique ordinaire (*dial-up*). L'Utilisateur *se connectait* à l'Internet. Ce moment était exceptionnel et discontinu. Pendant la durée de cette connexion il effectuait l'ensemble des tâches à faire sur le réseau. Puis, fatigué mais content, il retournait à son mode déconnecté. Avec le développement des liaisons louées dans les entreprises, puis de l'ADSL et du câble chez les particuliers sont apparues les connexions permanentes. Désormais, l'Utilisateur ne se connecte plus, il *est connecté*. Le réseau, la connectivité sont des prolongements naturels de l'Utilisateur et de ses équipements. Ils en étendent les capacités et les données. L'Utilisateur passe indifféremment de données qui se trouvent localement à d'autres qui sont lointaines, et il en devient inconcevable de travailler sans avoir une connexion au réseau. C'est la véritable naissance de l'Homme en Réseau, celui qui n'est plus un touriste sur l'Internet mais qui en est un résident.

Mais l'Homme en Réseau a aujourd'hui un handicap. Si le réseau fait partie de ses habitudes et de ses réflexes, il ne peut vivre en réseau qu'aussi longtemps qu'il est attaché à sa table de travail. Après *se connecter*, après *être connecté*, il aspire à *ne jamais être déconnecté*.⁶

Mobilité → Extension de l'Homme

L'Utilisateur est aujourd'hui considéré comme un individu principalement sédentaire, passant le plus clair de son temps chez lui ou dans son bureau. Il lui arrive d'être dans des situations transitoires (donc exceptionnelles malgré leur régularité) entre deux états de sédentarité. De là est née l'expression (assez laide) « être en situation de mobilité ». Cette segmentation artificielle du temps et de l'espace de l'Utilisateur donne lieu à des modèles d'offres que nous pouvons caricaturer de la manière suivante : France Telecom/Wanadoo d'un côté de la porte, Orange de l'autre. L'Utilisateur aurait deux besoins distincts qui justifieraient deux (voire trois) abonnements.

Or le comportement des Utilisateurs tend à démentir cette conception. Un nombre de plus en plus important d'abonnés résilie sa ligne fixe pour ne plus utiliser que son téléphone cellulaire. Ce dernier

⁵ Il est du reste amusant de constater qu'historiquement le premier usage envisagé du téléphone ait été la possibilité d'écouter à distance des pièces de théâtre, l'échange de communications entre utilisateurs étant considéré comme marginal.

⁶ Il faut constater que l'ADSL va aujourd'hui à l'encontre de l'ubiquité de la connexion, puisqu'il connecte un utilisateur strictement dans un local donné, cette connexion n'étant pas transportable. Il va dans le sens de la démobilité.

n'est donc plus un accessoire de substitution sollicité en « situation de mobilité », hors de portée d'un téléphone filaire. Il est simplement... un téléphone, appendice naturel qui sert à parler aux autres. Il a de plus l'avantage d'être personnel et permanent. Il ne faut donc plus appeler ces appareils des téléphones portables ou des mobiles pour les appeler des téléphones personnels (PT, Personal Telephone).

Cette tendance vers le personnel et le permanent est beaucoup plus structurante que la dichotomie sédentaire/mobile. Plutôt que de rechercher à reproduire « en situation de mobilité » un succédané de ses habitudes de sédentaire, l'Utilisateur aurait propension à rendre mobile sa sédentarité. Une adresse email reste permanente et personnelle indépendamment de l'endroit d'où je la consulte, il en va de même de mon téléphone portable sur lequel je peux être joint où que je sois (dans une extraterritorialité apparente). C'est à moi qu'on parle, le réseau est mon propre prolongement naturel, sans rupture ni frottements. C'est donc le fait que certains objets puissent être considérés comme strictement sédentaires, c'est-à-dire non connectés directement à moi, qui finira par paraître exceptionnel. Plutôt que de parler de solutions mobiles, de mobilité voire de « situations de mobilité », il serait plus adapté de penser réseaux, outils et services comme des extensions naturelles de l'Homme (pour citer à nouveau McLuhan) en n'excluant pas du champ « les situations de sédentarité ».

Nous pouvons aussi mentionner ici le flou désormais perceptible qui touche la frontière entre usage personnel et usage professionnel. Devant la prolifération et la polyvalence des équipements, la distinction personnel/professionnel perd son sens. L'homme étant au centre, il est concomitamment le siège de préoccupation personnelles et professionnelles qui peuvent utiliser les mêmes équipements. Il n'existe pas dans la plupart des cas (sauf pour des raisons d'habillage marketing) de distinction fondamentale de qualité entre la plupart des équipements et des services prévus pour des particuliers et ceux prévus pour un usage professionnel.

Réseau central → Personal networks

Le phénomène le plus intéressant de ces dernières années est celui qui nous a été apporté par le Wi-Fi. Plus qu'une norme intéressante permettant de connecter des équipements les uns avec les autres sans fil, la véritable révolution du Wi-Fi tient au fait qu'il permet de reproduire dans le domaine des télécommunications le bouleversement auquel nous avons assisté dans l'histoire de l'informatique au début des années 80.

En effet, jusqu'à ce jour, construire un réseau est une activité inconcevable pour qui n'a pas de considérables moyens. Ce rôle est donc dévolu aux seuls "opérateurs". Une fois ce réseau construit et opéré, on y connecte un grand nombre d'utilisateurs. Exactement comme dans le cas des Ordinateurs Centraux et des grappes d'utilisateurs qui en étaient dépendants.

Or le Wi-Fi permet de faire le pas que le PC a permis en son temps. Aujourd'hui, n'importe qui, avec très peu de moyens et relativement peu de savoir-faire, peut construire un réseau. Certes, ce réseau est de courte portée, de la même manière qu'un PC a une capacité assez peu importante comparée à

celle d'un grand ordinateur. Mais la tendance à la prise de pouvoir (*empowerment*) de l'Utilisateur se propage aujourd'hui aux moyens de télécommunications.

Nous sommes donc dans le domaine des réseaux à la veille d'un bouleversement de même ampleur que celui du PC vis-à-vis Ordinateurs Centraux. Il va être de plus en plus facile pour des entreprises de tailles diverses, des collectivités, des groupes d'individus de construire leur propre réseau, leur Personal Networks.

Le Réseau Pervasif : maillon manquant de l'évolution

Il est inéluctable, voire déjà visible à l'œil nu, que nous entrons dans une ère où chacun d'entre nous est entouré d'un ensemble d'objets intelligents. La manière dont nous nous comportons avec ces machines reste héritée de l'ère du PC, il s'agit toujours d'un rapport un à un. Or ce modèle multi-duel ne peut fonctionner de manière satisfaisante dans un environnement où ces ordinateurs se surmultiplient et où l'élément central n'est plus la machine ou ses contenus, mais l'Homme. Il nous faut donc considérer ces appareils, non pas comme autant d'unités discrètes mais comme une communauté nous rendant conjointement des services. Nous devons les penser comme un réseau.

Or, aujourd'hui, il n'existe pas de canal transversal sur lequel s'articuleraient tous ces équipements, grâce auquel ils collaboreraient de manière transparente, afin de constituer collectivement, par la combinaison de leurs capacités et de leurs données, un réseau d'intelligence et non pas une somme de machines intelligentes.

De la même manière que l'Internet tel que nous le connaissons aujourd'hui est apparu pour désenclaver des PC initialement solitaires, il est nécessaire de penser et de construire un nouveau réseau (ou une extension de l'Internet) qui permettrait d'embrasser l'ensemble des objets isolés, qui les tisserait dans une même toile à laquelle l'utilisateur ne se connectera plus, mais dans laquelle il sera immergé. C'est ce réseau que nous avons appelé, chez Ozone⁷, le Réseau Pervasif⁸.

A la lumière du balayage lapidaire de l'écosystème auquel je me suis livré ci-dessus, je vais à présent tenter d'ébaucher les caractéristiques essentielles de ce Réseau Pervasif. Puis, je dessinerai les contours de l'Intelligence Ambiante, ce monde d'objets tous connectés qui serait le produit du Réseau Pervasif. Toujours nourri par l'analyse qui a précédé, j'ébaucherai ensuite quelques pistes sur les moyens de construire, techniquement et économiquement, ce nouvel environnement.

⁷ Ozone (www.ozone.net) est l'entreprise que je dirige.

⁸ Le terme Pervasif n'existe pas en français. Il s'agit d'une transposition mécanique du terme anglais *Pervasive*, qui signifie « présent partout ». Au lieu de « Réseau Pervasif », nous aurions pu utiliser l'expression « Réseau Omniprésent ». Mais le « Réseau Pervasif » est plus un concept (comme l'est l'Internet), qu'un terme réellement descriptif. Forger une expression artificielle pour le nommer est donc plus utile que d'utiliser des termes français qui, en étant trop descriptifs, pourraient en réduire la portée ou la souplesse.

Le Réseau Pervasif : cahier des charges V 1.0

Si nous devons aujourd'hui nous appliquer à penser et construire le Réseau Pervasif, quelles en seraient les caractéristiques essentielles ?

Il est présent partout, tout le temps.

Le Réseau Pervasif est, d'une part, le support de la collaboration transparente entre des équipements qui le constituent collectivement et par une coopération permanente de mon réseau d'objets personnels; il est d'autre part ma connexion au reste du monde, cette extension de Moi.

Réseau de la continuité, il se doit donc, comme l'origine de son nom l'indique, d'être présent partout, tout le temps, et ce sans rupture. Plus de distinction intérieur/extérieur (ma voiture est par exemple un des éléments essentiels de mon réseau d'objets), géographique (ex : mon appareil photo numérique doit pouvoir stocker ses images directement sur mon serveur depuis l'étranger), de contexte d'usage (un email, reste un email qu'on le lise debout ou assis). Ces conditions d'utilisation sont aujourd'hui plus ou moins préfigurées par les usages de la téléphonie cellulaire.

Les équipements qui le constituent sont connectés en permanence. C'est la déconnexion volontaire du réseau (totale ou partielle) qui devient un acte exceptionnel et non pas la connexion.

Il doit être agnostique en termes d'applications et d'appareils.

Le Réseau Pervasif est conçu pour un environnement d'objets intelligents. Nous voyons tous les jours apparaître de nouvelles machines dotées d'intelligence et de capacités de communication. Nous n'avons pas à juger a priori de la pertinence de ces offres. Le Réseau Pervasif se doit d'être agnostique en terme d'équipements. Il ne doit pas être prévu pour un type d'appareil et donc d'usage donné, par exemple le téléphone ou les ordinateurs. Il s'agit d'un environnement neutre sur lequel, tout type d'industriel, de fournisseur de services, voire de bricoleur pourra proposer des produits, grands ou modestes. Il est en cela comparable au courant électrique.

Il est à large bande.

Schématiquement le Réseau Pervasif me permet de constituer un réseau personnel, c'est-à-dire l'équivalent d'un LAN (réseau local, généralement en Ethernet) porté à l'échelle d'un WAN (réseau étendu, généralement réseau d'un opérateur). Il permet le même type d'échanges que celui que nous effectuons aujourd'hui sur ces réseaux locaux : échanges de fichiers entre machines du même réseau, travail à distance sur un serveur local, envoi de document à l'imprimante, synchronisation d'assistants personnels (PDA) avec un PC etc.

Afin que ces échanges et cette collaboration entre machines se fassent de manière confortable, voire transparente, il est donc nécessaire de disposer d'une capacité de réseau importante. Nous pouvons la fixer à celle qui est le plus généralement rencontrée sur les réseaux Ethernet, c'est-à-dire 10 Mb/s. Il s'agit toutefois là de besoins importants de bande passante sur des périodes courtes (*bursts*).

Il coûte un prix imperceptible

A la différence des réseaux que nous connaissons déjà (à l'exception peut-être de l'Internet), le Réseau Pervasif ne connecte pas forcément un individu à un contenu, mais permet également, et peut-être avant tout, à des machines d'échanger en permanence entre elles.

Cette situation comporte deux nouveautés : les échanges ne sont plus des actes circonscrits et exceptionnels, et l'Homme n'en est pas forcément l'instigateur. Ces conditions d'usage sont bien différentes de celles qui prévalent par exemple dans la téléphonie dite mobile : de temps en temps et pour une période courte, un individu décide de s'offrir le luxe d'une communication. Les modèles de tarification et de prix acceptables dans ce dernier contexte ne peuvent donc s'appliquer dans un domaine où communiquer se banalise et devient une évidence.

Il ne s'agit donc pas de construire un réseau selon des contraintes uniquement techniques puis d'en imposer le coût aux utilisateurs. Le coût pour l'Utilisateur est structurant de la fonction du Réseau Pervasif : il doit donc être une contrainte de base de la conception même de ce Réseau. S'il est probablement illusoire de penser que le Réseau puisse être gratuit, le prix à l'acte de son usage doit être imperceptible, comme l'est celui de l'Internet.

Il comporte des mécanismes de discrimination

Enfin, dans un environnement où, par défaut, chaque objet sera connecté et accessible, se poseront forcément les questions de la confidentialité, de l'intimité et de la non intrusion.

La valeur d'un réseau se situe aujourd'hui dans sa capacité à établir un lien et à transporter l'information. Mais dès lors que ce lien se banalise, qu'il existe par défaut, en permanence, la valeur s'inverse : c'est la capacité de discriminer les connexions, de les filtrer ou de les interdire qui constitue la fonction clef du réseau.

L'Intelligence Ambiante : habiter le réseau

La baisse du coût des composants et leur miniaturisation rendent possible un monde dans lequel l'électronique est susceptible d'être intégrée dans pratiquement n'importe quel objet. Les choses que je manipule ne seront plus inertes, mais capables d'avoir des comportements appropriés à moi et à mes actes, de conserver le souvenir de mes actions passées, d'enrichir mon expérience en m'apportant un complément d'information ou de conseil. Ces appareils, en ayant des moyens de communiquer, pourront également, au-delà de leur savoir et de leurs savoir-faire locaux, compter sur ceux d'autres appareils. Ce cadre de vie qui est en train de naître est appelé Intelligence Ambiante.

L'objectif de l'Intelligence Ambiante est de créer un environnement sans centre de gravité, dans lequel l'Homme n'a plus besoin d'aller au puits pour chercher (ou envoyer) de l'information. L'intelligence n'y est plus l'apanage de certains équipements dédiés, trônant au milieu d'un monde physique globalement stupide. Elle est potentiellement disséminée dans tous les éléments qui entourent l'Utilisateur.

Nous sommes certes à la préhistoire de ce développement. Nous pouvons toutefois faire quelques observations sur ce qu'induit l'Intelligence Ambiante, ses usages et ce que pourraient être les conditions de son émergence. Pour ce faire, commençons par poser l'exemple naïf d'une application très simple⁹.

Prenons un pèse-personne électronique ordinaire. Ajoutons-y une puce Wi-Fi qui lui permet de communiquer. Chaque fois que l'utilisateur monte sur la balance, son poids est directement envoyé à travers l'Internet à son diététicien ou à Weight Watchers. Ces derniers peuvent ainsi lui apporter un suivi de régime, lui adresser des recommandations dans le cadre d'une prestation récurrente.

Science fiction ?

Techniquement, l'adjonction d'une puce Wi-Fi dans un pèse-personne ne représente aucune difficulté particulière. Economiquement, ajouter une puce Wi-Fi et un petit programme embarqué sous Linux à une balance ne constitue pas un surcoût commercialement rédhibitoire. En terme d'usages, le service additionnel rendu par cette machine est simple, facilement perceptible par son utilisateur, et peut tout à fait se justifier.

Cet exemple illustre bien que les premiers avatars de l'Intelligence Ambiante sont à portée de main. Rien ne s'oppose, dès aujourd'hui, à ce que de tels appareils commencent à être proposés.

L'autre indication que ce minuscule et symbolique exemple laisse entrevoir est l'étendue du champ d'application, les impacts et les bouleversements que présage l'Intelligence Ambiante. La révolution Internet des années 90 n'a somme toute suscité un bouillonnement¹⁰ que dans les industries de l'informatique et des télécommunications. Elle n'a touché les autres secteurs d'activité que de manière marginale, circonscrite et périphérique au travers de quelques sites Web accessibles via une petite lucarne à un nombre ridicule d'utilisateurs. Le développement de l'Intelligence Ambiante implique l'ensemble des industries, qui pourraient intégrer de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux modèles de business à des produits aujourd'hui commoditisés (banalisés). Son terrain n'est pas le monde confiné d'un navigateur Internet, mais celui du monde physique tout entier. Ses utilisateurs ne sont pas uniquement ceux qui ont les moyens de posséder et de maîtriser ordinateurs et réseaux. L'amplitude des bouleversements à venir pourrait faire apparaître comme dérisoire la kermesse Internet des années 90.

Le bonheur est-il simple comme un clic de souris ?

Chaque matin, l'utilisateur d'un pèse-personne ordinaire, monte sur sa balance et se pèse. Chaque matin, l'utilisateur d'un pèse-personne Wi-Fi, monte sur sa balance et se pèse. Il n'y a entre ces deux

⁹ Cet exemple est inspiré du prototype développé par IBM et Sunbeam, entre autres objets présentés dans le cadre de l'Internet Home Alliance (www.internethomealliance.com)

¹⁰ Certes tout cela s'est fini dans la catastrophe financière que chacun sait. Mais nous n'y avons perdu que l'argent du beurre. Le beurre, lui, se porte très bien.

actes aucune différence. Les habitudes de l'utilisateur ne sont en rien modifiées par l'adjonction de nouvelles fonctionnalités. Il ne lui est demandé aucun effort d'apprentissage.

Dans le monde dans lequel nous vivons, cet utilisateur qui aurait souscrit à un service de suivi de régime amaigrissant, aurait fait la chose suivante : monter sur sa balance et se peser ; noter avec horreur le chiffre qui s'affiche ; aller vers son ordinateur (ou se promettre de le faire dans la journée) ; saisir dans une page web son poids du jour et, *d'un simple clic de souris*, l'envoyer à son diététicien conseil.

Aujourd'hui, *d'un clic de souris* est le synonyme de la simplicité absolue pour l'utilisateur. Nous restons convaincus que pour communiquer avec le monde de l'Intelligence et du logiciel, nous avons besoin d'un médiateur (le PC, sa souris), et que l'enjeu est dans la simplification de ce médiateur. A travers l'exemple du pèse-personne, nous voyons que l'Intelligence Ambiante induit la disparition de ce médiateur. Mon poids peut être envoyé à mon diététicien d'une *simple montée sur le pèse-personne* et avec moins d'un clic de souris.

Quelles sont les implications conceptuelles et pratiques de cette disparition du médiateur ?

Elle signifie l'effacement de l'Interface Homme-Machine telle que nous la connaissons. Au premier stade d'évolution, l'homme donnait des instructions écrites à une machine en en apprenant le langage ; la machine était centrale, il appartenait à l'homme de savoir lui parler. Puis vinrent les PC et leurs interfaces graphiques, qui, à travers la métaphore des icônes permettaient de mettre le langage de la machine plus à la portée de l'homme en donnant à ce dernier des symboles qui lui étaient familiers. L'Homme et la Machine étaient sur un pied d'égalité, ils avaient besoin d'un terrain de rencontre où chacun des protagonistes faisait un effort pour parler la langue de l'autre.

Avec l'Intelligence Ambiante, c'est l'homme qui est au centre de multiples objets, c'est donc à ces derniers de faire l'effort. Les métaphores laissent la place à la tautologie. Je n'ai plus besoin d'une représentation symbolique d'un pèse personne sur un écran. Le pèse-personne vaut pour un pèse-personne. L'interface n'est plus sur l'écran, il est dans la pièce, je ne le touche pas avec une souris mais avec mes pieds. Il n'existe plus d'un côté du miroir, un monde virtuel, où tout est fluide, malléable et taillé à ma mesure, et de l'autre un monde des atomes où les choses sont rigides, dures et obtuses.

En pratique, cette disparition de l'interface ôte la contrainte de l'apprentissage. Il devient donc possible de fournir des appareils intelligents à une population qui est rétive ou incapable d'apprendre à utiliser un ordinateur. Au lieu de convaincre la mythique Madame Michu de changer ses habitudes pour pouvoir accéder au bonheur de l'Intelligence Logicielle, c'est l'Intelligence Ambiante qui apprend à lire dans les gestes habituels de Madame Tout le Monde (née Michu).

Cette banalisation, cette simplification de la communication avec les machines intelligentes et communicantes a un effet direct : il permet de démocratiser l'accès à la technologie, d'en étendre considérablement la portée et les usages. Ce phénomène, conjugué à celui de l'apparition du Réseau Pervasif, rend le préalable de la maîtrise de l'informatique caduc. Ces nouvelles machines ne sont plus

des périphériques de l'ordinateur, ils sont des membres à part entière du réseau. Je peux donc jouir des services d'un pèse-personne Wi-Fi qui est connecté sur une borne de mon quartier en n'ayant aucun autre type d'ordinateur. Le marché du pèse-personne ne doit pas être dépendant de celui du taux d'équipements en PC.

Ainsi, ces nouveaux objets intelligents et communicants permettent de toucher des populations considérablement plus importantes que le carré des utilisateurs d'ordinateurs. Pour s'en convaincre, nous pouvons comparer la population des utilisateurs de téléphones portables¹¹ (appareil sommaire permettant un acte quasi unique, simple et banalisé) et celui d'utilisateurs d'ordinateurs et d'Internet (appareils compliqués permettant un nombre illimité d'actes au prix de comportements non intuitifs).

La mort du couteau suisse¹²

La rareté des ordinateurs leur a donné le monopole sur tous les traitements intelligents que nous avons à faire. Le matériel (*hardware*) coûtant cher, le logiciel (*software*) devait essayer d'en obtenir le maximum d'applications possibles. Ainsi, couche après couche, l'ensemble de nos besoins a été traduit en programmes produisant des machines bouffies de polyvalence. Leur usage est d'une grande complexité, puisqu'il nous faut apprendre non seulement le langage de chaque application, mais aussi le méta-langage né de la cohabitation de toutes les fonctions de l'ordinateur. Enfin, ce mariage souvent forcé de carpes et de lapins sur une même machine, a fragilisé le comportement de cette dernière, augmentant le nombre de dysfonctionnements¹³.

Mais la logique de rareté de la ressource matérielle qui a prévalu à l'émergence de ces couteaux suisses informatiques perd de plus en plus de son sens. Fabriquer des machines ayant un usage spécifique devient économiquement possible. Ces appareils effectuent parfaitement la tâche qui est la leur, puisque toutes leurs ressources y sont dédiées. Elles sont simples et intuitives à utiliser, puisque conçues pour un usage spécifique auquel l'utilisateur est déjà habitué. Elles sont stables et fiables puisque n'ayant plus besoin de faire de compromis pour cause de cohabitation avec d'autres applications. Il devient plus pertinent de fabriquer de véritables appareils photo capables d'envoyer de bonnes images, que de prendre des photos de la taille d'un timbre poste avec un téléphone portable, fragilisé dans sa vocation première par l'adjonction de cette fonctionnalité superfétatoire.

Deux phénomènes apparemment opposés peuvent émerger : d'une part une prolifération des objets, leur dissémination dans notre entourage. Mais ce développement se ferait au prix d'une démultiplication de « boîtes », puisque nous serions dans un modèle, un usage = un appareil. D'autre part, grâce aux capacités de communication entre objets, nous assisterions à une optimisation du nombre

¹¹ Je parle ici du brave portable de première génération et de son *killer app* « composer un numéro et parler au téléphone avec des gens ».

¹² Voir à ce sujet *The invisible computer* de Donald Norman, livre fondateur de cette théorie.

¹³ Ce même sort menace les téléphones dits de 3^{ème} Génération, dont le taux de dysfonctionnement est proportionnel à l'étendue des prétentions. Simplement : plus les téléphones portables jouent et prennent des photos, moins bien ils téléphonent.

d'équipements, par la mutualisation de certaines fonctions : une table de salon peut faire office de console de commande pour d'autres objets, des rideaux peuvent servir d'écran etc.¹⁴

Balkanisation

L'émergence de l'Intelligence Ambiante ne peut être désolidarisée de celle du Réseau Pervasif. L'objectif n'est pas de rendre individuellement chaque objet intelligent en le gavant de vitamines électroniques et de logiciels. Il est de créer un environnement intelligent autour de l'Utilisateur à travers un réseau d'objets communicants.

L'avantage de la polyvalence du PC est de pouvoir copier/échanger/partager des informations entre différentes applications. Perdre cet avantage serait une régression dans la relation Homme-Machine. C'est pourquoi, les données acquises ou produites par mes différents appareils doivent être fournies ou accessibles aux autres machines de mon réseau. Mon vélo d'appartement doit pouvoir lire mon poids relevé par ma balance, ma cafetière automatique ne doit pas faire le café à 7 heures si j'ai mis mon réveil à 9 heures.

Sur le chemin qui nous mène à cet environnement ouvert de communication entre objets, nous traverserons probablement des situations de fédérations fermées de machines. La tentation et les enjeux seront grands chez les industriels de certains secteurs de déterminer des normes de communication spécifiques entre les objets d'une même famille ou, pire, d'une même marque. Nous verrons par exemple probablement un réseau permettant à un ensemble d'objets domestiques LG de collaborer¹⁵. Toutefois, à l'opposé du monde de l'informatique, il n'existe pas aujourd'hui dans le domaine de l'équipement électronique au sens large (celui de tous les rayons confondus d'un magasin Darty) d'acteur unique dominant, susceptible d'imposer ses normes aux autres ou capable de générer des *clusters*.

Conceptuellement, des notions comme « la maison intelligente »¹⁶, permettent d'embrasser de manière pragmatique le sujet vaste et flou du Réseau Pervasif et de l'Intelligence Ambiante en le ramenant à un sous-ensemble. Mais cette réduction ne doit être que méthodologique. « Maison Intelligente », « Voiture Intelligente », « Ville Intelligente », « Bureau Intelligent » ne sont que des composantes d'un environnement unique ayant en son centre l'Utilisateur, dans toutes ses préoccupations. Imaginer des solutions et des technologies spécifiques et étanches pour chaque domaine, irait à contresens des principes de l'Intelligence Ambiante et du Réseau Pervasif.

¹⁴ Voir à ce sujet les travaux de Evert Van Loenen de Philips Research Labs (<http://www.grenoble-soc.com/proceedings03/Pdf/Van%20Loenen.pdf>)

¹⁵ Dans le réseau imaginé par le constructeur d'électroménager LG, le réfrigérateur joue le rôle de serveur central pour le lave-linge et le climatiseur, le rendant ainsi indispensable à l'infrastructure.

¹⁶ « Maison intelligente » supplante heureusement le terme ringard de domotique, dont les ambitions (mort nées) se réduisaient à la télécommande et à l'automatisation des maisons de campagne.

Internet haut débit / Utilisateur bas débit

Enfin, l'Intelligence Ambiante pourrait être une solution au véritable problème que pose l'ère de l'information, celui de la pénurie d'Attention. Si la bande passante des réseaux est de plus en plus importante, permettant de délivrer de plus en plus d'informations à l'Utilisateur, la bande passante de l'Utilisateur, c'est-à-dire sa capacité de concentration, est irrémédiablement étroite. Nous continuons malgré tout à imaginer des applications qui nécessitent qu'il leur alloue de manière quasi exclusive une portion de son attention pourtant déficitaire¹⁷.

Un pan entier de l'Intelligence Ambiante s'intéresse à la communication dite douce. Celle-ci est diffusée de manière non intrusive dans l'environnement, par exemple sous forme d'effets d'éclairage. L'information est perçue au passage, presque incidemment par l'Utilisateur. Ce dernier ne mobilise aucune de ses ressources pour percevoir cette information. C'est cette approche qui a été retenue par Violet (www.violet.net) dans le développement de la lampe DAL et dans la mise au point de ses technologies permettant de concevoir une nouvelle génération d'objets intelligents.

Ingrédients pour la construction du Réseau Pervasif et de l'Intelligence Ambiante

Le Micro Internet

L'Internet, on l'oublie de plus en plus souvent, n'est pas un réseau, mais un méta-réseau, le réseau des réseaux. Il est la résultante de l'interconnexion de nombreux réseaux produits par de très nombreuses initiatives indépendantes, de tailles très disparates, privées ou publiques, n'ayant pas forcément une vocation de retour sur investissement et de profit. L'Internet est un bien commun, propriété de personne, issu de mariages, contre-nature mais heureux, de carpes et de lapins.

Cette dynamique organique de développement s'est avérée extrêmement efficace. En un temps record, nous avons vu émerger un réseau mondial dont les ramifications atteignent aujourd'hui les régions les plus reculées du monde. La philosophie d'interconnexion et d'échange de l'Internet a par ailleurs permis de fournir, pour un prix extrêmement abordable, une capacité de communication universelle aux utilisateurs¹⁸.

¹⁷ Nous arrivons ainsi à des services absurdes, nés du besoin de justification a posteriori de choix industriels discutables. Les opérateurs de téléphonie pourtant dite mobile suggèrent que grâce à l'UMTS, l'utilisateur puisse regarder le visage de celui qui lui parle. Ce faisant, ils font d'un appareil dont la fonction est d'optimiser mon temps et ma pénurie d'attention (je peux parler tout en marchant), une machine qui nécessite que je lui consacre toute mon attention et qui me dé-mobilise (je dois être debout sans bouger, tenir le téléphone à bout de bras pour pouvoir voir le visage de mon interlocuteur et lui permettre de me voir). Le rapport entre le mince bénéfice du surcroît d'information apporté par les mimiques et la cravate de mon correspondant et le coût payé en attention et en dé-mobilité est très largement défavorable.

¹⁸ Il serait intéressant par comparaison d'imaginer le prix d'un dispositif permettant à un utilisateur de se connecter à loisir depuis chez lui à des ordinateurs se trouvant à Tokyo, Johannesburg ou San Francisco si l'Internet n'existait pas, c'est-à-dire en n'utilisant que les réseaux privés d'opérateurs télécom.

L'Internet tel que nous le connaissons est principalement filaire. Par conséquent les acteurs qui ont contribué à sa construction sont aujourd'hui d'une certaine taille et disposent des moyens nécessaires pour installer, acheter, opérer ce type de capacités de transmission. Toutefois, le développement des nouvelles technologies de réseau, comme par exemple le Wi-Fi, permettent à un nombre extrêmement grand d'acteurs de construire de petites portions de réseau. Il devient à la portée de n'importe quelle entreprise, collectivité, association ou individu, pour un budget modique voire dérisoire, d'établir des liaisons, des Personal Networks. En entrant dans le jeu de l'interconnexion, de la philosophie même de l'Internet, ces nouveaux réseaux pourraient en étendre la portée par des incréments, certes minuscules, mais en nombre incalculable. Dans un véritable modèle de fractale, nous aurions l'Internet des grandes artères mondiales, des macro Internet nationaux ou régionaux, et l'apparition d'un micro Internet à l'échelle de quartiers, voire d'immeubles. L'enjeu de la première étape de l'Internet était le tissage du monde dans une grande toile. A présent l'enjeu est d'interconnecter le moindre pâté de maison, le moindre hameau, la moindre arrière cour.

Conceptuellement, le Réseau Pervasif n'est rien de plus que l'évolution naturelle de l'Internet¹⁹, un réseau global, neutre. L'enjeu et le défi sont de proposer une couverture absolue, avec un niveau de granularité et d'accessibilité sans pareilles et, élément essentiel du développement de ses usages, pour un prix d'utilisation très bas.

Sa construction peut se faire de deux manières :

- la méthode « traditionnelle » : un ou plusieurs opérateurs triés sur le volet investissent pour couvrir le moindre mètre carré de territoire de manière rentable (ou plus probablement les portions de territoire qu'ils jugent rentables), en déterminant leur calendrier de déploiement et de couverture selon leurs contraintes de capacités, de budget et de priorité stratégique ou politique. Ayant, par vocation, fait le considérable effort de construction du réseau à des fins exclusivement commerciales, ils font payer un prix fort à un utilisateur qui n'a d'autre recours que de faire jouer la concurrence entre une poignée de fournisseurs. Des prix élevés d'utilisation obèrent le développement de nouveaux usages et donc celui à terme de l'Intelligence Ambiante.
- La philosophie Internet : l'initiative est répartie entre des milliers d'acteurs, qui font chacun un investissement à la hauteur de leurs moyens, de leurs ambitions. Le réseau émerge partout à la fois, sans hiérarchie entre zones rentables et zones non rentables, fruit d'un bouillonnement et d'une dynamique générale. Ces différents acteurs mettent à profit leurs propres infrastructures existantes (toits de bâtiments, chemins de passage de câbles, rebords de fenêtres). Leurs motivations sont différentes, peuvent ne pas avoir une vocation lucrative ou attendre un retour

¹⁹ Je continue toutefois à utiliser le nom de Réseau Pervasif plutôt que celui par exemple « d'Internet de deuxième génération ». Le mot Internet comporte aujourd'hui des connotations qui peuvent être gênantes dans la conception du Réseau Pervasif. On confond trop souvent Internet et Web. « Internet de deuxième génération » pourrait induire l'idée qu'il s'agit de fournir de « l'Internet mobile », c'est-à-dire la possibilité de naviguer sur le Web à partir de n'importe où, ce qui serait catastrophiquement réducteur.

sur investissement direct de leur portion de réseau. Une fois interconnectées, elles constituent un réseau d'une capillarité sans pareille.

En faisant abstraction de toute inclinaison idéologique, je pense simplement (naïvement ?) que la deuxième approche de déploiement est plus efficace pour atteindre les objectifs du Réseau Pervasif. Certes cette méthode n'a à ce jour permis de construire que l'Internet, mais ce n'est déjà pas si mal.

Du reste, nous pouvons considérer que la deuxième option n'en est même pas une. Elle ne repose par essence sur aucun choix centralisé de mise en place (autre que quelques décisions réglementaires locales, c'est-à-dire nationales). Somme d'initiatives indépendantes de très petite, petite et moyenne envergure, utilisant des technologies (pratiquement) disponibles dans la moindre FNAC, nous pouvons considérer que ce chantier est d'ores et déjà en cours et n'attend l'aval de personne.

Le Mesh Networking.

Corollaire de ce qui précède, nous avons vu apparaître depuis quelques années, la notion de Mesh Networking. Son principe est celui d'un réseau dynamique sans centre dans lequel chaque utilisateur est également un nœud de connexion ou de transmission. Simplement, cela fonctionne de la manière suivante : au lieu d'emprunter de grandes artères de trafic, mes communications passent par les équipements de mon voisin. Ce dernier transmet mes données à un de ses voisins et ainsi de suite. De bond en bond, mes communications trouvent leur chemin dans la forêt des équipements et des liaisons d'autres utilisateurs. Ce réseau spontané se configure lui-même, trouvant le trajet idéal, détectant les équipements éteints et les contournant, c'est-à-dire en reproduisant à très petite échelle le mythe technique militaire de l'Internet, le réseau sans centre qui peut résister à une attaque nucléaire qui détruirait certaines de ses portions en se recomposant autour des éléments restants.

Initialement imaginé (là aussi) pour un usage militaire et utilisé durant la guerre en Irak, le développement de solutions techniques de Mesh Networking occupe de très nombreuses entreprises, universités, ou projets open source. Pour être parfaitement honnête, à ce jour, aucune des solutions envisagées n'est réellement opérationnelle avec un niveau satisfaisant de performances ou d'étendue du réseau. Mais les progrès constatés depuis plus d'un an dans ce domaine, permettent à des réseaux mesh au moins limités en couverture, d'être rapidement mises en place.

L'idéal du Mesh Networking permettrait alors la propagation de réseaux de manière virale, chaque ajout d'utilisateur étendant sa portée et permettant d'ajouter de nouveaux utilisateurs et donc de nouvelles extensions. Ainsi, les nœuds de réseaux pourraient se situer, non seulement à l'échelle de quartiers, mais pratiquement sur chaque pallier d'immeuble, au cœur de chaque maison, permettant d'atteindre les objectifs de granularité. De plus, ce modèle permet un déploiement de réseau très peu coûteux qui permettrait de produire des capacités de transmission très peu chères²⁰. En apportant leur collaboration à la construction du réseau, les utilisateurs bénéficieraient des baisses de coût et de prix ainsi induits.

²⁰ Nous pouvons comparer ce modèle à celui d'un réseau d'accès en ADSL. L'équipement nécessaire pour permettre la connexion d'un seul utilisateur (port DSLAM + modem) est selon Free de l'ordre de 500 Euros. Dans

Wi-Fi, Wimax, CPL et autres technologies réseau

Le Réseau Pervasif est un concept, un résultat à atteindre pour suivre une évolution des usages et de l'écosystème. Il ne se confond pas avec une technologie particulière. Toute technologie permettant de couvrir les différents points du cahier des charges du Réseau Pervasif que j'ai énumérés plus haut (présent partout/tout le temps, permettant de connecter tout type d'objets, large bande, prix imperceptible à l'usage, sécurité) peut être utilisée.

En soumettant les technologies existantes à cette grille d'évaluation nous constatons que le Wi-Fi est un bon candidat, que le CPL²¹ l'est pour certains objets non mobiles, que la RFID²² est nécessaire pour de très petits objets très peu coûteux et que l'UMTS²³ réalise un très mauvais score. Il apparaît surtout qu'aucune de ces technologies, à elle seule, ne saura couvrir l'ensemble du spectre des besoins. Le Réseau Pervasif sera donc construit avec un ensemble hétéroclite de technologies de réseau ou de communication, sous réserve que des passerelles d'une technologie vers l'autre soient établies. Nous allons par conséquent vers un besoin de gestion d'un réseau de très grande complexité. En tout état de cause, il est probable qu'aucun opérateur ne sera en mesure de posséder et de maîtriser l'ensemble des composantes, de bout en bout.

Le Wi-Fi est une technologie extrêmement fragile, capricieuse, très approximative et non adaptée à des usages intensifs. Les critiques de la part des détracteurs du Wi-Fi sont toutes recevables. Malgré cela, nous pouvons présager que le Wi-Fi (et en particulier, la norme 802.11 b et 802.11 g qui est compatible avec la précédente) sera une des constituantes importantes des réseaux à venir, à cause du « Malentendu Wi-Fi ».

Il s'est produit le phénomène suivant : le Wi-Fi avait pour modeste ambition de permettre d'installer un très petit réseau local sans avoir à faire des trous dans les plinthes pour y mettre des câbles. Toutefois, ses utilisateurs ont vite réalisé, souvent accidentellement, que grâce à ces équipements ils étaient en mesure de voir d'autres machines, au-delà de leur propre territoire. Le fantasme Wi-Fi était né. Le monde s'est emballé, la demande d'équipements Wi-Fi (c'est-à-dire de 802.11 b) a connu une croissance exponentielle, provoquant naturellement une baisse du coût des composants Wi-Fi²⁴. Nous nous trouvons donc dans une spirale du Wi-Fi. Tous les constructeurs d'électronique ajoutent et ajouteront des capacités Wi-Fi à leurs équipements, parce que cette option au départ différenciatrice ne représente qu'un tout petit incrément de prix. L'utilisateur aura donc dans sa poche, qu'il le veuille ou non, des équipements qui seront en Wi-Fi. Il ne nous appartient donc pas de savoir si le Wi-Fi est une bonne technologie ou pas, elle est d'ores et déjà omniprésente chez les utilisateurs avec une base installée en croissance exponentielle. Même si cet engouement mondial est parti d'un malentendu,

un modèle Mesh Networking, l'adjonction d'un utilisateur crée des capacités de connexion pour ses voisins sans investissement additionnel significatif.

²¹ CPL : Courants Porteurs en Ligne, ou réseau de données utilisant les installations électriques existantes.

²² RFID : Identification Radio d'un Objet, très petit émetteur intégré dans un objet qui diffuse simplement son identité. Il est par exemple utilisé aujourd'hui dans les anti-vols de magasins.

nous n'avons pas d'autre choix que de « faire avec ». Dans l'écosystème l'approche est forcément du bas vers le haut (*bottom-up*). C'est l'utilisateur qui dicte les choix techniques des opérateurs. Aucun de ces derniers n'est en mesure de subventionner suffisamment d'équipements qui seraient conformes à la technologie idéale qu'il aurait choisie.

Partant de cette même analyse, nous pouvons également présager que le WIMAX, dernière technologie à la mode, aura du mal à supplanter dans les équipements terminaux l'emprise du Wi-Fi. Le WIMAX arrive trop tard dans ce contexte. Il n'en reste pas moins que le développement du WIMAX est aujourd'hui vital pour la mise en place de réseaux de transport maîtrisés de moyenne portée ou réseaux de desserte. Ces portions de réseau ne sont pas directement accessibles à l'utilisateur final mais maîtrisées par l'opérateur qui n'est pas influencé par le taux d'équipement en Wi-Fi chez les utilisateurs et qui peut donc choisir librement la technologie la plus adaptée.

L'XML

L'XML est un langage de description de données permettant à des applications et des équipements hétéroclites d'échanger des informations, chacun les traitant selon ses propres contraintes et besoins. Il a donné naissance au principe des Web Services, dans lesquelles une application demande à une autre application présente sur le réseau (ou sur l'Internet) d'effectuer pour elle certains traitements et de renvoyer le résultat, le tout étant transparent à l'utilisateur.

Dans le monde de machines communicantes en plus grand nombre, de plus en plus spécialisées et aux capacités de plus en plus disparates, l'XML apparaît comme la solution déjà opérationnelle pour traiter ces échanges et permettre l'émergence de réseaux d'objets. Cet environnement de cohabitation de tous types d'objets sur un réseau n'est donc pas un fantasme, il est à portée de main.

IPV6

IPV6 est la dernière version du protocole de l'Internet, l'IP. Aujourd'hui utilisé, l'IPV4 n'a été conçu que pour permettre la connexion d'ordinateurs, c'est-à-dire d'un nombre limité de machines. Le nombre d'adresses de machines (l'identifiant qui permet de les retrouver sur le réseau) est donc réduit dans IPV4. IPV6 apporte la possibilité de disposer d'un nombre incalculable d'adresses. Elles pourraient être attribuées de manière fixe et définitive à des milliards d'objets. Il est donc indispensable dans un monde de machines connectés et communicants en permanence.

Arlésienne de l'Internet depuis de nombreuses années, IPV6 commence à trouver sa véritable pertinence aujourd'hui. L'enjeu et la difficulté portent sur la migration d'un réseau en IPV4 vers un réseau en IPV6. Cette migration est diversement entamée. Elle est balbutiante aux Etats-Unis où le réseau est ancien et très développé. Par contre elle progresse rapidement dans les pays d'Asie, dont l'existant est de moindre importance, et pour lesquels le développement des objets électroniques

²⁴ Le prix d'achat public d'une carte de connexion en Wi-Fi pour un PC est de l'ordre de 50 Euros (si elle n'est pas d'ores et déjà intégrée). Le prix de la même carte en UMTS est de 400 Euros (c'est-à-dire le prix d'un PDA complet pouvant et déjà équipé en Wi-Fi).

communicants est un enjeu industriel crucial, puisqu'il fait pencher en leur faveur la balance entre l'univers de l'informatique (principalement américain) vers celui de l'électronique (principalement asiatique).

Linux

Pendant longtemps, Linux a porté le fantasme du système d'exploitation gratuit qui allait permettre de déboulonner la position de Windows. Las, devant l'inconfort d'utilisation, Linux demeure réservé à une communauté d'initiés.

Toutefois, l'émergence des objets communicants ouvre un champ de développement considérable pour Linux. Si cette dernière n'a jamais véritablement réussi sa percée sur les postes de travail, elle est en train de le faire sur tous les nouveaux objets. Il s'agit là à la fois d'un problème économique et d'une question de dynamisme dans le développement. En effet, les prix des objets d'électronique grand public sont largement inférieurs à ceux pratiqués dans l'informatique. L'usage a permis d'intégrer le prix de la licence d'un système d'exploitation et de certains logiciels dans le prix d'un PC. Il est peu probable que les prix de vente et les marges de pèse-personnes permettent d'absorber des surcoûts commercialement indolores. LINUX et le logiciel libre sont donc les meilleures solutions économiques pour adjoindre à toute cette gamme de nouveaux objets des fonctionnalités additionnelles.

Usages : R&D v/s Darwin

Truisme : le développement de nouveaux Réseaux repose sur le développement de ses usages et qui plus est sur l'existence d'une Killer App²⁵ susceptible de générer la motivation nécessaire pour que les utilisateurs, au-delà de leurs habitudes acquises, adoptent une nouvelle technologie.

Nous pouvons imaginer deux approches :

- Un opérateur met en place un système qu'il maîtrise, permettant de fournir des services à ses clients. Ses laboratoires de recherche imaginent les usages dont les utilisateurs pourraient avoir besoin et conçoivent méthodiquement de potentiels Killer App. L'opérateur intègre directement, ou en incitant des partenaires, ces quelques services à son « bouquet ». Les utilisateurs jugent ces offres pertinentes ou pas.
- Sur un réseau neutre, dont l'accès est ouvert à tous, tout un chacun peut proposer contenus et applications avec des moyens très peu coûteux. L'offre est rapidement immense, des centaines de milliers de nouvelles idées étant spontanément suggérées et tentées en permanence. La sélection naturelle fait que les mauvaises idées disparaissent et que les plus pertinentes survivent et se développent parfois même à la surprise de leurs créateurs.

Nous pouvons constater que l'émergence de Killer Apps a été dans la plupart des cas le produit d'un accident, d'un détournement. L'Internet a été la meilleure illustration du second modèle cité ci-dessus. Il

²⁵ Il me semble que, étrangement, il n'existe pas une expression française pour *Killer App*.

était ouvert à des millions de gens. Des centaines de milliers d'applications, d'idées et de sites ont été proposés ou sont apparus dans cet écosystème. Toutefois, nous pouvons considérer que seules trois applications majeures, fondamentales, trois Killer App sont apparues en près de trente ans : l'email, le Web (ou plutôt le navigateur Web) et le Peer-to-Peer. Au moins deux de ces applications ont été inventées par des développeurs de moins de 20 ans avec de minuscules moyens, voire dans des dortoirs. Il n'en reste pas moins qu'elles ont été les moteurs de l'adoption de l'Internet et du développement du Haut Débit.

Ainsi, cette sélection darwinienne nécessite d'être alimentée par un très grand nombre de propositions pour parvenir à des résultats. Par conséquent, plus le système en amont est ouvert à toutes les propositions, plus nous avons de chances d'obtenir des services massivement motivants et susceptibles d'entraîner le réseau. Deux ou trois idées imaginées dans un laboratoire de R&D, aussi brillant soit-il, sont largement insuffisantes²⁶.

Le développement de services réellement mobiles s'est heurté à ce jour à ce problème. Les réseaux étant contrôlés au sommet et peu susceptibles d'être détournés de leur usage premier, nous ne sommes pas parvenus à des offres réellement pertinentes susceptibles de répondre à la question « mais de quoi donc a besoin un individu qui se déplace ? »²⁷.

Nous devons faire montre d'une très grande humilité quant aux nouveaux usages. Il n'appartient pas à un opérateur de déterminer la vocation et l'utilisation qui doit être faite de son réseau. Il est crucial que les infrastructures et les technologies mises en places pour le Réseau Pervasif et l'Intelligence Ambiante soient les plus ouvertes possible, offrant des tickets d'entrée à la portée du moindre fournisseur de service, fut-il un étudiant dans son dortoir, et permettant l'appropriation et le détournement des moyens par les utilisateurs.

Augures

Dans son excellent ouvrage *A brief history of tomorrow*, Jonathan Margolis montre bien que toutes les prédictions du futur se sont systématiquement trompées. Je ne pense pas en être prémuni. Mes augures péremptoires sont donc probablement faux, simplistes, naïfs ou excessifs, mais je ne cours que le risque (indolore) de rejoindre le panthéon peuplé du ridicule.

Bien que perclus de doutes, je pense malgré tout qu'un nombre significatif d'indices permettent de déceler qu'un nouveau bond dans l'usage des technologies est certain, que le Réseau Pervasif est dans le sens de l'histoire, qu'il est inéluctable. La seule chose qu'il est impossible de prédire est l'échéance de son avènement. Il existe en effet autant de raisons de penser que son développement

²⁶ A l'heure qu'il est, les Killer Apps imaginées pour l'UMTS sont : la possibilité de voir le visage de son correspondant et celui de regarder des buts de football en vidéo. Ces deux applications sont jugées suffisamment motivantes pour les utilisateurs pour justifier le déploiement d'un réseau dont le coût est de plusieurs milliards d'euros.

²⁷ Être guidé dans ses déplacements, trouver l'adresse d'un restaurant, les programmes d'un cinéma, consulter son compte et son portefeuille boursier ne se sont pas avérés être des services dont le besoin est suffisamment vital pour les utilisateurs.

pourrait être très rapide que très lent. Ce type de prévision est impossible dans un écosystème aux interdépendances complexes.

Chleuasma mis à part, j'estime que l'exercice auquel je me suis livré a au moins une utilité. L'approche écosystémique à laquelle je suis attaché considère qu'il suffit d'un tout petit détail imprévisible pour que l'ensemble se retrouve entièrement reconfiguré. La probabilité de survenance d'un tel accident est immense. J'aurai donc probablement tort sur un grand nombre de sujets. Toutefois, au-delà des détails et des modalités, mon modeste texte est avant tout une invitation à la lecture écosystémique des évolutions auxquelles nous assistons. Elle consiste à ne négliger aucune de ses composantes, aussi minuscules, aussi anecdotiques ou peu économiquement orthodoxes soient-elles. Les effets de réseau, peuvent amplifier et accélérer le moindre épiphénomène²⁸.

Le monde a changé, nos méthodes d'analyses se doivent de l'accompagner.

²⁸ C'est notamment pour avoir ignoré puis sous-estimé et toujours mal compris le phénomène du peer-to-peer démarré dans un dortoir, que l'industrie de la musique connaît aujourd'hui mondialement la crise.