

ÉVÈNEMENT

## LA MATÉRIALITÉ OCCULTÉE DE LA VILLE INTELLIGENTE

La *smart city*, ville intelligente, est devenue depuis une dizaine d'années le concept dominant en matière de prospective urbaine. Lancé par les industriels de l'informatique, repris par les acteurs du numérique et tout particulièrement les Gafam, il promeut une ville de réseaux connectés, dont les centres névralgiques sont les data centers, usines de stockage et de gestion continue de milliards de données. Mais l'invisibilisation physique et la surconsommation énergétique de ces derniers vont à l'encontre d'une nécessaire sobriété.

Cécile Diguët et Fanny Lopez



Le ciment de la ville intelligente est fait de données et de réseaux informatiques. Le concept a été créé au milieu des années 2000 par les industriels et les ingénieurs de Cisco et IBM, via un programme de recherche et de marketing aussi puissant qu'efficace. Ce produit infrastructurel global n'a, depuis, cessé de dominer la prospective économique et urbaine. En 2008, au moment où la crise financière touchait les Etats-Unis, la ville intelligente<sup>(1)</sup> est apparue comme un projet de restructuration des systèmes et des services qui font la ville à partir des technologies de l'information et de la communication. Les opérateurs historiques de l'urbain se sont affairés à rassembler, stocker, trier, analyser les données qui permettraient d'optimiser un modèle technologique hérité, et de contrer les crises – technique, idéologique, climatique et énergétique – qui le frappent. Depuis dix ans, le succès conceptuel de la ville intelligente ne faiblit pas, porté par l'explosion de la numérisation de l'économie, des échanges de données, du Cloud et de la perspective de 50 milliards d'objets connectés en 2020. En dépit des apports de la science-fiction du début du XX<sup>e</sup> siècle, qui ont anticipé nombre de dérives et promesses, le paradigme de la ville intelligente a envahi l'imaginaire urbain et colonisé l'esprit des décideurs politiques. La fascination que suscitent cette urbanité numérique en devenir et son économie reste toutefois oublieuse de sa matérialité. Or l'emprise spatiale et énergétique des infrastructures pose aujourd'hui deux questions. La ville intelligente ne contient-elle pas le problème qu'elle prétend résoudre, du fait de la démesure des infrastructures requises et du principe d'accroissement exponentiel des données nécessaires à son fonctionnement – avec pour corollaire des besoins spatiaux et énergétiques accrus, en électricité notamment? Comment architecturer et intégrer ces infrastructures en pleine expansion, en particulier les data centers, aux territoires urbains et ruraux?

### Un concept-outil providentiel

C'est en 2010, avec l'appel international Smarter Cities Challenge, qu'IBM a proposé de mettre à disposition des acteurs des collectivités territoriales ses consultants pour imaginer des villes «plus intelligentes». En partageant leurs données urbaines, plus de 2000 collectivités sélectionnées ont bénéficié en retour d'une expertise en planification stratégique, en gestion de données et de compétences technologiques dans un domaine choisi: transports, énergie, gestion de l'eau, services sociaux, sécurité, etc. Le programme s'est poursuivi en 2011, avec la commercialisation

de l'Intelligent Operation Center for Smarter Cities. La mise en ordre de la ville ne se fait plus par le plan : « Ce n'est pas l'urbaniste qui en trace les contours, ce sont les ingénieurs du secteur informationnel »<sup>(2)</sup>, affirme Valérie Peugeot, chercheuse au sein d'Orange Labs.

Il existe une corrélation entre la crise économique et climatique de la fin des années 2000 et le succès de cette offre de service qui fait triompher le global sur le local. L'intelligence est désormais dans la machine, qui serait en mesure de prévoir et de traiter des problèmes de grande échelle, capacité dont l'humain ne dispose pas. Pour l'historienne des sciences Orit Halpern, « les préoccupations concernant

**LA FASCINATION  
QUE SUSCITE CETTE  
URBANITÉ EN  
DEVENIR RESTE  
TOUTEFOIS  
OUBLIEUSE DE  
SA MATÉRIALITÉ.**

le changement climatique, la raréfaction des sources d'énergie et l'effondrement de la sécurité et de l'économie font se tourner les urbanistes, les investisseurs et les gouvernements vers des infrastructures intelligentes envisagées comme lieu de production de valeur et comme salut possible pour

un monde sans cesse défini par les catastrophes et les crises ».<sup>(3)</sup> Quel est le futur promis par la ville intelligente ? Ces pilotes d'innovation nous guident-ils vers une vision d'avenir infléchissant la tendance « capitalocène »<sup>(4)</sup> globale, ou vers celle d'une croissance s'achevant de façon contrôlée<sup>(5)</sup> pour adapter notre empreinte écologique à la capacité de charge de la planète ? Les enthousiasmes d'un Jeremy Rifkin sur le productivisme postcarbone et la croissance verte restent très peu diserts sur la question. Les scénarios portés par les promoteurs de la ville intelligente s'inscrivent dans une perspective qui vise à repousser les situations de crise (économique, environnementale, politique) par l'espoir d'une meilleure gestion et anticipation des consommations et des productions (notamment grâce à la croissance des énergies renouvelables et des microproductions locales). Et cela, sans pour autant que l'épuisement des ressources (minerais, terres arables, sable, eau potable...) et les pollutions diverses ne soient un levier susceptible de réorienter plus globalement notre impact sur le « système Terre », comme aimait à l'appeler un certain Richard Buckminster Fuller.

### Repousser encore les limites

La transposition de la simulation des interactions informatiques à l'urbain est ancienne. Elle a notamment été portée par le spécialiste des systèmes de défense Jay Forrester, dans son texte « Urban Dynamics », en 1969. Deux ans plus tard, alors qu'il est membre du Club de Rome, il publie « World Dynamics », où il développe un système de modélisation globale qui examine la croissance démographique et l'industrialisation dans un monde aux ressources finies. La crise des ressources pétrolières et environnementales offre un nouveau champ d'expérimentation à la « dynamique des systèmes ».

Le Club de Rome commande au laboratoire de dynamique des systèmes du Massachusetts Institute of Technology (MIT) dirigé par ce même Jay Forrester une simulation de l'avenir de l'humanité sur une période de plus d'un siècle. Le rapport « Les limites de la croissance », publié en 1972, esquisse neuf scénarios qui conduisent au dépassement des biocapacités de la planète et à l'effondrement ; quatre autres offrent un avenir plus ouvert, avec une croissance qui s'arrêterait en douceur. Ses auteurs, William Behrens, Donella Meadows, Dennis Meadows et Jorgen Randers, militent pour la combinaison de plusieurs dynamiques, seules à même d'inverser celle de l'effondrement<sup>(6)</sup>. En 1992, dans la mise à jour de cette étude, intitulée « Au-delà des limites », les auteurs formulent une nouvelle mise en garde avec, cette fois-ci, le constat que les limites de la capacité de charge de la planète sont dépassées.

Cet exemple montre l'appropriation d'un outil de simulation informatique pour un projet de décroissance, dans la mesure où il est démontré qu'une croissance – notamment économique – perpétuelle est incompatible avec la préservation du système écologique et de la vie humaine, quel que soit le niveau de progrès technique et d'innovation espéré. Cet appel à ne pas dépasser les limites conserve aujourd'hui un puissant écho. Pourtant, le champ de l'innovation technique ne cesse de les repousser par l'utilisation d'outils et de produits technologiques dont les effets en matière de réduction des impacts environnementaux n'ont pas été sérieusement évalués<sup>(7)</sup>. Et sans que



**PAGE DE GAUCHE, EN HAUT.**  
Schéma présentant des domaines d'application de la ville intelligente.

**PAGE DE GAUCHE, EN BAS.**  
Exemple de data centers (Mercom, Equinix, Zayo...) installés en centre-ville dans un bâtiment existant : l'ancien siège new-yorkais de Western Union (Ralph Walker, arch., 1930).

**CI-CONTRE.** Exemple de data center récent « architecturé » : Equinix, à Dallas.



## ÉVÈNEMENT

la compatibilité entre une approche relevant de la haute technologie et le projet d'une société plus sobre ne soit débattue. Le concept de ville intelligente prospère sur la menace d'une crise, notamment urbaine, qu'elle prétend maîtriser et dominer. Dans les années 1960, l'utopie cybernétique et numérique s'est structurée dans une période marquée par la fin du mouvement moderne : l'architecte informaticien Nicholas Negroponte, fondateur de l'Architecture Machine Group au MIT, se propose de «sauver la ville de ses ruines modernes»<sup>(6)</sup>. Inventeur de la notion d'«environnement réactif», il rêve d'une architecture augmentée qui anticipe et résiste à la dégradation, qui se restructure elle-même en cas d'altération. Dans un contexte de crise urbaine et de forte ségrégation raciale, les discours de Forrester ou de Negroponte<sup>(7)</sup> sur l'obsolescence et la dégénérescence urbaine, ainsi que l'impuissance des politiques, participent à fonder autour de la programmation informatique de profonds espoirs. L'utopie de l'«environnement réactif» propose ainsi de s'appuyer sur des machines pour mieux optimiser, augmenter, calibrer et régler le projet urbain dans ses dimensions systémiques. L'investissement du MIT dans les sciences comportementales et l'informatique appliquées à l'architecture et à l'urbanisme a fortement participé à créer un imaginaire urbanistique et un ensemble d'outils orientés vers la prévision, la prédiction et la prescription à partir des données et du calcul. La démultiplication des dispositifs de capteurs conduisant à la «ville augmentée» porte à son paroxysme la surenchère technique que critiquait déjà Reyner Banham<sup>(10)</sup>, parlant des technologies de la fin du XIX<sup>e</sup> et du début du XX<sup>e</sup> siècle. Le projet d'une ville augmentée est aujourd'hui au cœur du projet technologique de la ville intelligente, dont la réalité reste à construire, les coûts à assumer, et l'intérêt sociétal et environnemental à démontrer.

### Une infrastructure sans architecture

Si l'emprise territoriale du système numérique équivaut à l'apparition des grandes infrastructures du XX<sup>e</sup> siècle, elle s'avère plus complexe à saisir car moins visible dans sa matérialité technique et architectu-

rale. Le réseau l'emporte et il n'y a pas d'architecture du numérique comme il y a eu une architecture de l'électricité ou du ferroviaire. Cette absence a plusieurs explications. Les premiers data centers n'ont pas été pensés comme un programme autonome, mais comme une excroissance du réseau, un objet proliférant : ils sont l'extension des placards de serveurs et salles informatiques originellement intégrés aux bâtiments de bureaux, et aux complexes de recherche. La rapidité du développement d'internet, dans les années 1990, a également participé à une démultiplication infrastructurelle mal anticipée. Dans le comté de Loudoun, en Virginie, le point d'échange internet Mae-Est est d'abord un carrefour de réseaux interconnectés. En 1996, il se densifie avec de nombreux réseaux télécoms et de stockage de données. Le site est alors déplacé dans

**IL N'Y A PAS  
D'ARCHITECTURE  
DU NUMÉRIQUE  
COMME  
IL Y A EU UNE  
ARCHITECTURE DE  
L'ÉLECTRICITÉ OU  
DU FERROVIAIRE.**

«une enceinte en plaques de plâtre creusée dans le garage souterrain du bâtiment, de l'autre côté de la rue.»<sup>(11)</sup> Cette croissance rapide incite à un opportunisme dans les choix d'implantation des data centers, toujours plus près des points d'échanges internet. Mais elle empêche de prendre le temps de penser l'architecture de

l'infrastructure. Tout se concentre très vite pour gagner des parts de marché. Comme nous l'a rappelé un ancien de Goldman Sachs, passé chez Digital Realty, «le data center est un produit immobilier à très haute rentabilité financière et la localisation est au cœur de sa valeur». Le caractère initialement décentralisé d'internet a par ailleurs favorisé une multiplicité d'acteurs et de développements non coordonnés dans l'industrie du stockage de données, qui n'ont pas joué en faveur d'une réflexion architecturale plus poussée. Si les data centers sont les entités les plus visibles du système technique numérique sur le territoire, leur impact est – pour l'instant – plus spatial et énergétique qu'architectural. Il faut également souligner que les acteurs de l'industrie du numérique, notamment Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft (les Gafam),





entretiennent une féroce culture du secret sur leurs activités et perpétuent la discrétion et l'anonymat de leurs infrastructures hypersécurisées. Cette invisibilité semble limiter la compréhension du fonctionnement du système et de son économie associée, ce qui a pour effet de minimiser les questionnements sur sa viabilité environnementale.

### La forme des nuages

Les data centers s'installent d'abord dans des bâtiments existants déjà dévolus à l'industrie électronique, comme à Hillsboro près de Portland (Oregon), ou à Santa Clara dans la Silicon Valley. Mais aussi dans d'anciens centraux télécoms, comme à New York, au 60 Hudson street, ancien siège de Western Union, au 32 avenue of Americas, ancien siège de AT&T, ou à Paris dans les centraux téléphoniques de France Télécom puis d'Orange. L'avantage des anciens centraux de télécommunications est d'être bâtis pour supporter de lourdes charges, d'être ultraconnectés et très sécurisés : denrées rares, ils ont été rapidement transformés en hubs numériques, à la fin des années 1990.

Plus récemment, en 2011, l'entreprise de data centers Sabey s'est installée dans la tour de 32 étages de la NY Telephone company, construite en 1975, au débouché du pont de Brooklyn. Ces infrastructures restent donc présentes dans des gratte-ciel au cœur de Manhattan, même si l'électricité et le foncier coûtent cher. L'histoire spatiale des data centers commence donc par la transformation d'anciens bâtiments. Dans les années 2000, et plus encore au début de la décennie 2010 avec l'explosion du Cloud, s'ouvre une période de construction de bâtiments neufs calibrés pour le stockage, le traitement de données et un retour sur investissement rapide. Les investisseurs sont des fonds d'investissements immobiliers – comme Digital Realty, CoreSite ou Equinix – qui standardisent les data centers à un niveau global, dans l'optique que leurs clients se sentent chez eux partout. Dès lors, architecturer un data center est une dépense supplémentaire, justifiable uniquement si la collec-

tivité d'implantation en fait la demande. Ces entrepôts se déploient sur le mode de la boîte à chaussures, leur enveloppe ne suggérant pas l'importance stratégique de leur contenu.

A plus grande échelle, c'est à la typologie de l'usine que l'on peut rapprocher le premier data centers de Google, à The Dalles (Oregon), ou ceux d'Amazon Web Services, non loin, à Umatilla. Certains font cependant un effort d'intégration architecturale et paysagère, à l'instar des data centers de Facebook et d'Apple à Prineville, d'Adobe à Hillsboro – conçu par l'agence américaine Gensler – ou de CoreSite à Santa Clara (Californie) et plus spectaculairement encore celui d'Equinix à Dallas (Texas). Mais aussi, en France, celui d'Orange, construit par l'agence Enia à Val de Reuil (Eure)

### Polarisation métropolitaine

Le développement des data centers depuis les années 1990 a consolidé peu à peu des territoires numériques, tout en renforçant globalement la polarisation métropolitaine. Il pose la question de la persistance de territoires servants des métropoles. Les quatre points d'échange internet majeurs en Europe – Francfort, Londres, Amsterdam et Paris – constituent aussi les principales concentrations de data centers. De même aux Etats-Unis avec les polarités de la Silicon Valley en Californie, du nord de la Virginie à proximité de Washington, mais aussi de New York. La ville californienne de Santa Clara accueille une cinquantaine de sites de stockage de données, tout comme le territoire de Plaine commune, au nord de Paris, qui bénéficie de la puissance électrique héritée du XIX<sup>e</sup> siècle, doublée d'une très bonne connectivité (les fibres longent l'autoroute A1) et de grandes parcelles libérées par la désindustrialisation. Comme le souligne Fabrice Coquio, PDG d'Interxion, « les data centers ne peuvent pas et ne seront jamais au fin fond de la pampa ! Vous allez où sont les réseaux, vous allez où sont les autres parce que vous avez besoin de vous interconnecter avec tout le monde. C'est la communauté et la concentration qui fait la valeur »<sup>(1)(2)</sup>. Les rares data centers de grande échelle, comme ceux de Facebook



1. Data center de Facebook, à Prineville (Oregon).
2. Data center de Core Site, à Santa Clara (Californie).
3. Data center d'Infomart, à Hillsboro (Oregon).
4. Data center d'Orange, à Val de Reuil, Eure (Enia, arch.).
5. Data center de Digital Realty, à Hillsboro (Oregon).



## ÉVÈNEMENT

et d'Apple implantés en zone rurale, dans l'Oregon, sont directement branchés aux points d'échange majeurs comme le PA-IX (Palo Alto Internet Exchange) par la fibre privée de chacun des Gafam. Cette connexion rapide compense l'éloignement physique. Un imaginaire persiste, associant souvent les data centers à « une urbanisation sans population, ni humain », autrement dit, des « villes sans occupants », comme l'écrit Rem Koolhaas<sup>(13)</sup>. Les data centers de campagne, ou plutôt de la zone industrielle de Tahoe-Reno (à la frontière entre la Californie et le Nevada) qui l'ont fasciné, ne sont pourtant pas représentatifs du phénomène. Les territoires du numérique sont structurés et hiérarchisés par un réseau de fibre et les hubs que sont les points d'échange internet. Les infrastructures stratégiques de stockage restent fortement mêlées à la vie urbaine dans des formes très diverses. La prospective sur l'internet des objets (IoT), les véhicules autonomes, et plus largement la ville intelligente annoncent une augmentation des besoins en stockage et traitement local de données, en zones urbaines, là où se concentrent les usages. De petits data centers relais – appelés « edge data centers » – viendront bientôt démultiplier la connectivité en zone dense. Ce phénomène d'éclatement de l'infrastructure au cœur des villes concerne aussi la puissance de calcul qui peut être délocalisée et utilisée comme une ressource, à l'exemple des chaudières numériques de la société Stimergy et des radiateurs de Qarnot computing qui développe le chauffage numérique. Cette diversité témoigne de l'intégration physique massive des données dans les territoires jusqu'au cœur des appartements. Contrairement à l'imaginaire de dématérialisation inscrit dans la tradition de l'utopie cybernétique qui a fait de la ville intelligente une sorte de territoire magique où les flux circulent sans physicalité, rien n'est plus consommateur d'espace et d'énergie que les technologies numériques. Si le secteur informatique dans sa totalité (réseaux, matériels, centres de données) consommait 7 % de l'électricité mondiale en 2013<sup>(14)</sup>, les prévisions atteignent 51 % à l'échéance de 2030.

### De la Big Tech city à la ville collaborative

Le concept de ville intelligente est accompagné par ses plus efficaces ambassadeurs et extractivistes de données, les Google, Amazon, Facebook, Apple, et Microsoft. Ces Big Tech participent depuis une décennie à transformer en profondeur, non seulement

l'économie et les pratiques sociales, mais aussi les espaces et l'infrastructure numérique. Au-delà du smartphone, de l'internet, des logiciels et des réseaux sociaux qu'ils ont contribué à fonder et dont ils représentent les services majeurs (moteur de recherche, vente en ligne, cartographie géolocalisée, hardware et software), ils partent aujourd'hui à l'assaut de l'architecture, des villes et des territoires avec la donnée comme monnaie d'échange. Sidewalk Labs, l'entité d'Alphabet (Google) dévolue à la ville intelligente réalise aujourd'hui un quartier à Toronto. Elle va tester sur ses futurs habitants une boucle numérique fermée : collecter les données, les traiter, ajuster le projet, et de nouveau collecter, traiter, ajuster... pour optimiser

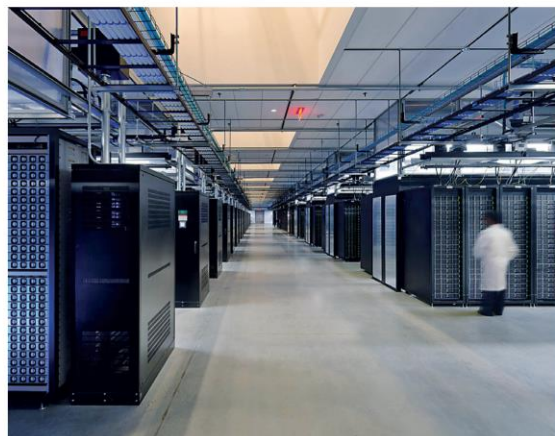
**LES GAFAM  
PARTENT  
AUJOURD'HUI  
À L'ASSAUT DES  
VILLES AVEC  
LA DATA COMME  
MONNAIE  
D'ÉCHANGE.**

en permanence le fonctionnement du quartier, de A à Z. Apple développe une filiale – Apple Energy, agréée par l'Etat américain – afin de maîtriser son approvisionnement énergétique. Facebook et Microsoft se positionnent fortement sur le développement de l'énergie et des micro-réseaux électriques sur leurs propres sites

de bureaux et de data centers, mais aussi ailleurs, comme la fondation du Microgrid Investment Accelerator. La diversification des Gafam vers les services urbains n'est pas tout à fait nouvelle, mais la convergence de leur position monopolistique sur la collecte et le stockage des données personnelles, sur les logiciels, le commerce et la communication, sur les médias et la culture, c'est-à-dire tous les échanges de biens et d'informations, des contenus aux réseaux de diffusion et espaces de stockage, est proprement effrayante. Leur volonté d'incarner cet idéal de performance urbaine à travers un nouveau quartier ou une nouvelle ville conforte leur prétention à concurrencer les collectivités locales, avec un centre panoptique vers lequel convergent toutes les données grâce aux capteurs embarqués dans nos téléphones portables et objets connectés. Une autre ville intelligente est pourtant possible, plus collaborative et pair à pair, plus sobre et mesurée dans ses outils et dans ses pratiques, plus proche de l'intérêt des citoyens et préoccupée par les injustices sociales. Depuis la montée en puissance monopolistique des Gafam, des mouvements de réappropriation de l'infrastructure internet se renforcent : wifi citoyens, comme dans le quartier de Red Hook à Brooklyn, où des jeunes en réinsertion sont formés



Data center de Google, à The Dalles (Oregon).



Intérieur du data center de Facebook, à Prineville (Oregon).

à gérer et réparer le réseau; réseaux mesh, comme le projet Commotion, testé à Détroit depuis 2012 avec des digital stewards; application Firechat, pour communiquer des messages grâce à un réseau d'objets connectés mais sans internet; FAI citoyens, comme Lesfranciliens.net en Ile-de-France. Ce dernier propose une brique à brancher sur sa box, combinée à un VPN, qui permet d'accéder à un internet vraiment neutre. Cette brique permet également de faire de l'auto-hébergement pour stocker ses propres données et de se constituer une messagerie. Des solutions de cloud de pair à pair émergent. Primavera de Filipi, dans l'article « Cloud Computing » de l'Abécédaire des architectures distribuées, cite plusieurs projets : les logiciels open source SlapOs, OwnCloud et CozyCloud. Des expérimentations se dessinent également pour des centres de données de proximité, plus low tech, autonomes et gérés localement : c'est notamment le cas d'une expérimentation menée à l'université Rutgers, dans le New Jersey. Si le monde de la banque et de la finance, qui représente une part prépondérante du trafic internet et des capacités de calcul et de stockage des centres des données, n'est pas prêt à se tourner vers ce type d'infrastructures distribuées, des opportunités existent pour la société civile, les associations, l'économie sociale et solidaire, afin de reprendre la main sur ce bien commun qu'est internet. L'accompagnement des territoires dans l'accès à un internet libre et ouvert est aussi indispensable qu'une réflexion plus large sur l'objet data centers et le système numérique associé. Pour mieux mesurer l'impact environnemental des choix techniques au regard de la plus-value sociale attendue, et pour aller vers des pratiques numériques plus raisonnées, sobres et décroissantes.

1. Antoine Picon, *Smart cities: Théorie et critique d'un idéal auto-réalisateur*, Paris: B2, 2013. *Smart Cities A Spatialised Intelligence*, Chichester: Wiley, 2015.
2. Valérie Peugeot, « Collaborative ou intelligente, la ville entre deux imaginaires » in Maryse Carnes, Jean-Max Noyer (dir.), *Devenir Urbains*, Presses des Mines, 2016, p.48.
3. Orit Halpern, « L'architecture comme machine: la ville intelligente déconstruite » in Andrew Goodhouse (dir.), *Quand le numérique marque-t-il l'architecture?* CCA, Stenberg Press, 2017, p. 126.
4. Jason W. Moore (dir.) *Anthropocene or Capitalocene?: Nature, History, and the Crisis of Capitalism*, PM Press, 2016.
5. Tim Jackson, *Prosperité sans croissance: la transition vers une économie durable* [« Prosperity Without Growth: Economics for a Finite Planet », 2009 ], De Boeck, 2010.
6. William Behrens, Donella Meadows, Dennis Meadows et Jorgen Randers, « The Limits to Growth », Universe Books, 1972.
7. Les impacts de réduction sont encore assez négligeables à grande échelle. Voir le rapport de l'Ademe « Potentiel de contribution du numérique à la réduction des impacts environnementaux: état des lieux et enjeux pour la prospective », 2016.
8. Halpern, op.cit., p. 130.
9. Nicholas Negroponte, *The Architecture Machine*, MIT Press, 1970; *The Architecture Machine: Toward a More Human Environment*, MIT Press, 1973.
10. Reyner Banham, *L'Architecture de l'environnement bien tempéré*, Orléans, HXX, 2011 éd. orig., *Architecture of the Well-Tempered Environment*, Londres, Architectural Press, 1969].
11. Andrew Blum, *The tubes-A journey to the center of the internet*, Harper Collins publishers, 2012, p. 66.
12. Entretien avec Fabrice Coquio, président d'Interxion.
13. Rem Koolhaas, « Le meilleur des mondes : population, territoires technologie », in *Marnes document d'architecture*, p. 117-129. Texte initialement publié sous le titre « Brave World: People, Places, Technology », dans *Flaunt*, n°145, 2016.
14. Anders S. G. Andrae et Tomas Edler, « On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030 », *Challenges* 6, 2015, pp. 117-157.

Cet article est issu de la recherche en cours de Cécile Diguët et Fanny Lopez (dir.), *From the Cloud to the Ground: L'impact énergétique et spatial des data centers*. Laurent Lefevre, Inria, chercheur associé.

## heroal C 50 avec le système heroal VS Z intégré

VOLETS ROULANTS | PROTECTION SOLAIRE | PORTES ROULANTES |  
FENÊTRES | PORTES | FAÇADES | SERVICE

### PROTECTION SOLAIRE INTÉGRÉE

Le système de protection solaire textile heroal VS Z peut être intégré dans les façades heroal C 50 et dissimulé grâce à son petit diamètre d'enroulement. En conséquence, ce mécanisme de protection solaire de l'extérieur des bâtiments n'est déclenché que lorsque c'est nécessaire.

- heroal VS Z peut être intégré en saillie, en entier ou en partie dans le système de façade à isolation thermique heroal C 50
- Réduction du rayonnement solaire de jusqu'à 75 %
- Économies des coûts de climatisation comparés à ceux des vitrages isolants classiques
- Filtrage des rayons ultraviolets pouvant atteindre 98 %
- Large gamme de types de tissus et de couleurs au choix

**heroal France SARL**  
[Service commercial français]  
1, rue de Londres  
67670 Mommenheim, France  
Tél. +33 8 8219 535  
info@heroal.fr | www.heroal.fr

