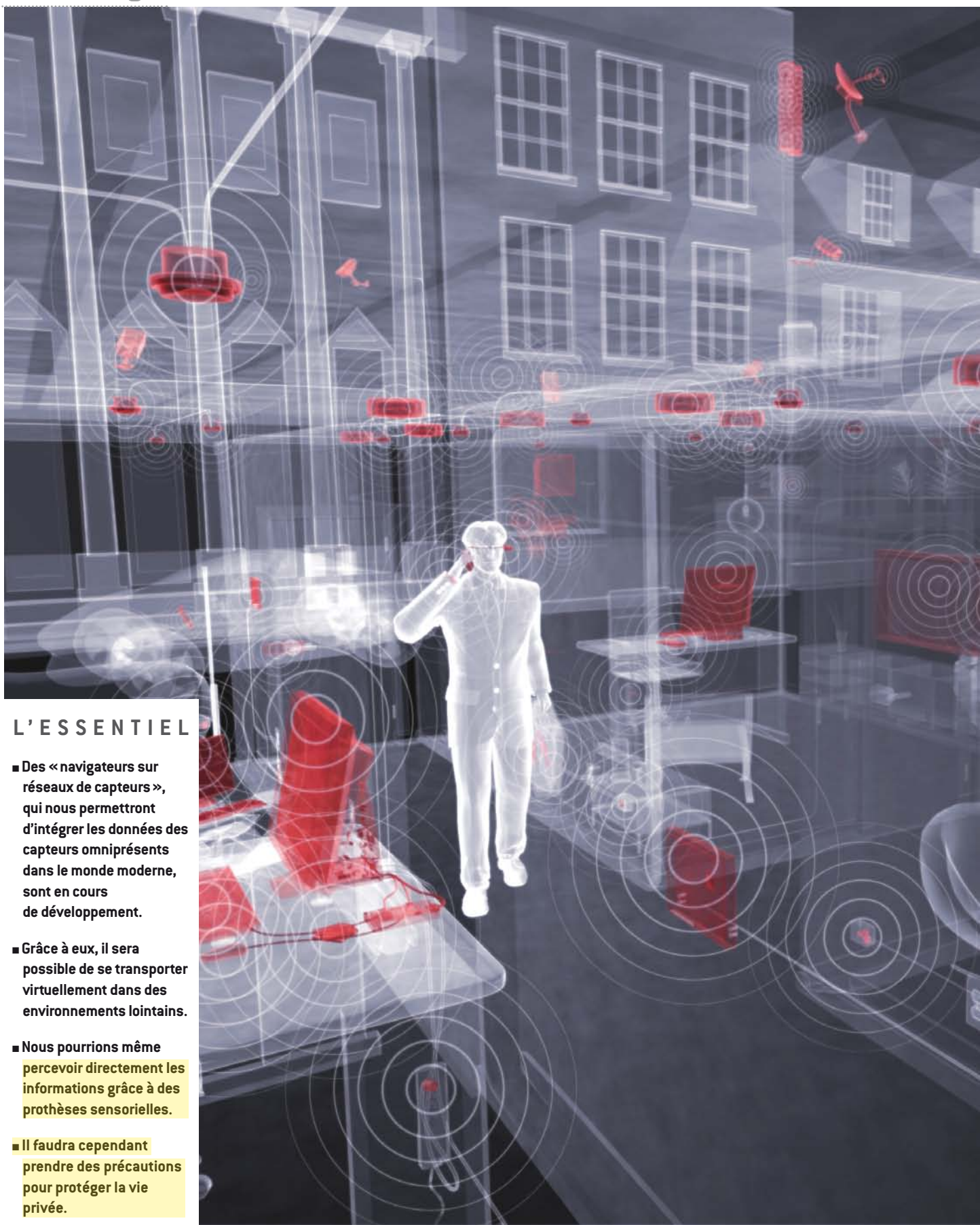
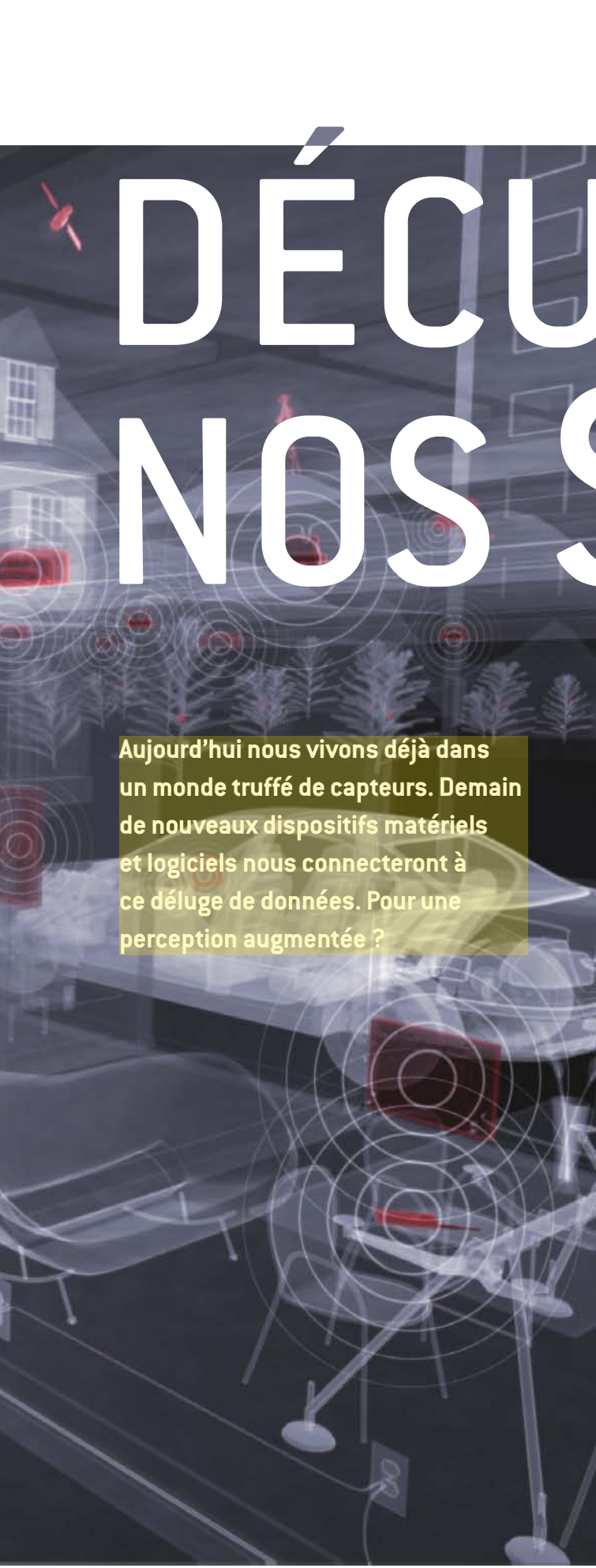




L'ESSENTIEL

- Des « navigateurs sur réseaux de capteurs », qui nous permettront d'intégrer les données des capteurs omniprésents dans le monde moderne, sont en cours de développement.
- Grâce à eux, il sera possible de se transporter virtuellement dans des environnements lointains.
- Nous pourrions même percevoir directement les informations grâce à des prothèses sensorielles.
- Il faudra cependant prendre des précautions pour protéger la vie privée.



DÉCOUPLER NOS SENS

Gershon Dublon et Joseph Paradiso

Aujourd'hui nous vivons déjà dans un monde truffé de capteurs. Demain de nouveaux dispositifs matériels et logiciels nous connecteront à ce déluge de données. Pour une perception augmentée ?

Essayez de compter les capteurs électroniques qui vous entourent. Il y a des caméras et des microphones dans votre ordinateur. Des dispositifs de géolocalisation et des gyroscopes dans votre téléphone dernier cri. Des accéléromètres dans votre *fitness tracker* (un appareil portable qui enregistre le rythme cardiaque, la distance parcourue, les calories perdues, etc.). Si vous travaillez ou vivez dans un immeuble moderne, vous êtes entouré de capteurs mesurant le mouvement, la température et l'humidité.

Les capteurs, toujours plus petits, meilleur marché et plus puissants, envahissent notre quotidien. Il y a quelques décennies, les gyroscopes et les accéléromètres étaient chers et encombrants, et de ce fait limités à des applications telles que le guidage de missiles ou de vaisseaux spatiaux ; on en trouve maintenant dans tous les téléphones mobiles récents. En outre, la connectivité du réseau a explosé. Grâce aux progrès réalisés dans la conception des dispositifs microélectroniques, dans la gestion de l'énergie et dans l'exploitation des ondes électromagnétiques, un circuit intégré coûtant moins d'un euro peut relier un système de capteurs à un réseau de communications sans fil de faible consommation.

La quantité d'information créée par la constellation de capteurs installés à travers le monde est prodigieuse, presque inconcevable. Mais la plupart des données nous sont invisibles. Elles sont en général cloisonnées, accessibles à un seul appareil et pour une application spécifique, telle que le contrôle d'un thermostat ou le suivi du nombre de pas effectués dans la journée.

Éliminer ces cloisonnements bouleverserait l'informatique et les communications. Quand des protocoles autoriseront un échange massif de données (plusieurs candidats existent déjà), n'importe quelle application pourra accéder aux capteurs d'un dispositif quelconque.

Mirko Ilić

Nous entrerons alors dans l'ère de l'informatique ubiquitaire, annoncée de longue date – l'informaticien Mark Weiser l'imaginait déjà dans les pages de cette revue il y a un quart de siècle, en 1991.

Nous doutons que la transition soit progressive. Elle devrait plutôt être déclenchée par une innovation majeure, similaire à l'invention du Web. Les prémices du changement sont perceptibles dans des applications pour téléphone mobile telles que *Google Maps* et *Twitter*, autour desquelles ont émergé d'énormes entreprises. Mais le déclic ne se produira que lorsque les données des capteurs seront rendues librement accessibles entre appareils. La prochaine vague d'entreprises technologiques valant des milliards d'euros sera construite autour des agrégateurs de contexte, une nouvelle génération d'applications capables d'assembler et d'exploiter les informations des capteurs qui nous entourent.

Prédire la façon dont l'informatique ubiquitaire et les données des capteurs influenceront sur la vie quotidienne est aussi difficile que l'aurait été, il y a 30 ans, l'anticipation de l'impact d'Internet. Les idées du théoricien des communications Marshall McLuhan (1911-1980), développées dans les années 1960, peuvent servir de guide. Selon lui, les médias électroniques, principalement la télévision, sont devenus une extension du système nerveux humain. Maintenant que les capteurs sont partout et que leurs données peuvent être greffées à la perception humaine par divers moyens, où s'arrêtent nos sens ? Que signifiera le fait d'être présent quelque part quand la perception pourra s'étendre librement à travers le temps et l'espace ?

Visualiser les données des capteurs

Pour percevoir le monde, nous utilisons tous nos sens, tandis que nous n'accédons à l'essentiel des données numériques que par l'intermédiaire des minuscules écrans bidimensionnels des appareils électroniques. Les informations qui nous parviennent passent donc par un goulot d'étranglement. Il serait pourtant intéressant d'exploiter cette manne de données, dont la quantité explose. C'est pourquoi notre équipe au MIT (Institut de technologie du Massachusetts) travaille depuis des années sur des moyens de traduire les données des réseaux de capteurs dans le langage de la perception humaine.

■ LES AUTEURS



Gershon DUBLON est doctorant au *Media Lab* (Laboratoire des médias) du MIT (Institut de technologie du Massachusetts, aux États-Unis), où il développe de nouveaux outils pour interagir avec les capteurs.

Joseph PARADISO est maître de conférence au *Media Lab*. Il y dirige le Groupe des environnements réactifs.

■ EN VIDÉO



Conférence de Gershon Dublon : www.youtube.com/watch?v=f2j5cLayLgM#t=541

De même que les premiers navigateurs du Web, tel *Netscape*, ont rendu accessible la masse d'information présente sur Internet, leurs successeurs donneront du sens aux flots de données issues des capteurs. Les meilleurs outils actuels pour développer ces nouveaux navigateurs sont les moteurs de jeu vidéo – des logiciels qui permettent à des millions de joueurs d'interagir dans des environnements tridimensionnels crédibles et en perpétuel changement.

Avec le moteur de jeu *Unity 3D*, nous avons développé une application nommée *DoppelLab*. Elle collecte les données recueillies par des capteurs placés dans un environnement particulier, tel un bâtiment, et restitue l'information sous forme graphique, en la superposant à une image virtuelle du bâtiment sur un écran d'ordinateur (voir l'encadré page ci-contre). Nous l'avons installée dans notre laboratoire. Ainsi, un utilisateur peut voir en temps réel la température de chaque pièce, le nombre de personnes qui marchent dans une certaine zone, ou même la localisation de la balle sur notre table de ping-pong intelligente.

Un environnement sonore virtuel

DoppelLab ne fait pas que visualiser des données. Il recueille aussi les sons captés par des microphones éparpillés dans le bâtiment et s'en sert pour créer un environnement sonore virtuel. Afin de respecter la vie privée, les flux audio sont brouillés avant d'être transmis. Cela rend les paroles incompréhensibles tout en préservant l'ambiance du lieu et les caractéristiques vocales de ses occupants. Avec *DoppelLab*, il est aussi possible de mettre en scène des données enregistrées dans le passé. On peut observer une scène sous différents angles ou examiner en accéléré les données pour découvrir les cycles cachés de la vie d'un bâtiment.

Les navigateurs sur réseau de capteurs tels que *DoppelLab* ont des applications commerciales immédiates, telle l'instauration de panneaux de contrôle virtuels pour de grands bâtiments. Auparavant, le gardien confronté à un problème de chauffage devait passer au crible les feuilles de données renvoyées par de multiples capteurs de température, afin de repérer les valeurs anormales et déterminer l'origine de la défaillance. Avec *DoppelLab*, cette même personne peut voir simultanément la température actuelle et la