



Albains et ceux du Latium septentrional (monts Sabatins, Vico et Volsins) a subi des soulèvements répétés coïncidant chaque fois avec le début de phases volcaniques.

En particulier, un soulèvement très important est survenu il y a entre 900 000 et 800 000 ans, en même temps que le début des premières phases d'activité volcanique; un second soulèvement s'est produit il y a 600 000 à 500 000 ans, au début de la phase explosive du Tuscolano-Artemisio. Enfin, la dernière phase de soulèvement s'est produite en deux étapes: la première coïncide avec le début de la phase volcanique récente; la deuxième, plus marquée, avec le fort regain d'activité en termes de volumes et de fréquence, qui caractérise les deux cycles éruptifs d'Albano et Monte Due Torri. Selon nous, ces soulèvements régionaux peuvent être mis en relation avec des remontées de magma à l'origine des monts Albains, lesquelles provoquent un «gonflement» de la croûte terrestre. Une impression que confirme l'étude de l'évolution géochimique du magma éjecté à partir d'il y a 69 000 ans.

Or des recherches récentes en tectonique et en paléogéographie révèlent que la région de Rome est en train de se soulever. En outre, les études de télémétrie satellitaire effectuées à l'INGV montrent qu'un soulèvement de la zone volcanique des monts Albains s'ajoute au mouvement général de la région. De 2 à 3 millimètres par an au cours des vingt dernières années, ce soulèvement continu se produit exactement dans la zone où sont survenues les éruptions les plus récentes. Il se concentre par ailleurs dans un secteur bordé par deux zones de faille limitant une portion de croûte terrestre allongée dans la direction nord-sud (voir la figure page 45). Ce morceau de croûte porte les centres éruptifs de la phase récente. Tout cela conduit à l'hypothèse que du nouveau magma serait en train de s'accumuler sous cette zone, ce qui expliquerait son «gonflement».

La réévaluation d'études de tomographie sismique (sorte de scanographie de la croûte terrestre) menées par le passé à l'occasion de l'arrivée des ondes de tremblements de terre lointains suggère que cette zone d'accumulation du magma pourrait se trouver entre 5 et 10 kilomètres de profondeur. C'est assez profond pour ne pas susciter d'inquiétudes immédiates, mais compatible avec la présence d'une chambre magmatique.

Une autre observation importante provient de l'étude des causes des longues périodes d'inactivité séparant les différentes éruptions des monts Albains. Les recherches effectuées ont révélé que le comportement des monts Albains se distingue nettement de celui des autres zones volcaniques d'Italie centrale ayant été actives en même temps. Cette différence semble liée à la tectonique particulière

de la région de Rome. Les forces qui s'exercent sur la croûte terrestre sont en effet compressives, alors qu'elles sont extensives dans les régions voisines. La compression horizontale que l'on observe dans la région de Rome a pour effet d'y sceller les fractures et les failles par lesquelles le magma remonte pendant les éruptions. Le magma produit sous la région de Rome reste donc en profondeur jusqu'à ce que son accumulation progressive ait engendré des pressions dépassant celles que les forces compressives exercent sur les failles. Une fois ce seuil atteint, la poussée verticale due à l'accumulation de magma ouvre les failles et les fractures: le champ de pression devient alors extensif, malgré la compression due à la tectonique, et un nouveau cycle éruptif commence.

Menées il y a plusieurs années par des chercheurs de l'INGV, des recherches en géologie structurale ont permis de comprendre que la région de Rome est passée d'un état de compression à l'état d'extension actuel, et que cette inversion s'est produite il y a moins de 2000 ans. Ces collègues ont en effet observé les déformations horizontales qu'induit une compression sur un aqueduc romain du II^e siècle (voir la photographie page précédente). Ces déformations montrent que le champ de pression existant après la construction de l'ouvrage comprimait la croûte terrestre régionale.

Les choses ont changé depuis. Aujourd'hui, les indicateurs géophysiques témoignent de l'existence d'un champ de pression extensif, qui tend à élargir les fractures de la croûte terrestre sous les monts Albains et dans la région romaine. Ces observations suggèrent qu'une remontée de magma pourrait être responsable du soulèvement actuel des monts Albains.

UNE ÉRUPTION PEUT-ÊTRE DANS QUELQUES SIÈCLES

Prédire quand se produira une éruption est impossible, mais c'est une question de siècles ou de millénaires. De plus, nous n'avons pour le moment aucune certitude quant à l'existence d'une chambre magmatique sous les monts Albains! Le soulèvement observé dans la zone des cratères récents pourrait en effet s'expliquer aussi par la présence souterraine de fluides et de gaz sous pression. Une nouvelle tomographie sismique de la région suivie par une modélisation numérique de la source de la déformation nous aidera à clarifier les raisons du soulèvement continu en cours dans la zone des cratères récents.

Nous verrons ce qu'il en est, mais il importe déjà de placer les monts Albains sous surveillance constante, afin que les signaux d'une future éruption puissent être enregistrés à temps par nos arrières-arrières-arrières... petits-enfants. ■

BIBLIOGRAPHIE

F. Marra et al., **Assessing the volcanic hazard for Rome : ⁴⁰Ar/³⁹Ar and In-SAR constraints on the most recent eruptive activity and present-day uplift at Colli Albani Volcanic District**, *Geophysical Research Letters*, vol. 43(13), pp. 6898-6906, 2016.

E. D'Ambrosio et al., **L'attività recente del centro eruttivo di Albano tra scienza e mito : un'analisi critica del rapporto tra il vulcano laziale e la storia dell'area albana**, atti del convegno Lazio e Sabina, sesto incontro di studi sul Lazio e la Sabina, pp. 125-136, Rome, 2010.

C. Martel, **Les crises de la montagne Pelée**, *Pour la Science* n° 439, mai 2014.



L'ESSENTIEL

> Avec l'arrivée des voitures autonomes, les systèmes de déplacement urbain connaîtront sans doute des changements profonds.

> Ces transformations dépendront des comportements adoptés par les usagers et des orientations données par les autorités.

> Le nombre de voitures et les aires de stationnement pourraient diminuer considérablement grâce à l'autopartage et au covoiturage.

> Plusieurs difficultés potentielles sont à anticiper : problèmes de sécurité, étalement urbain accru, déséquilibres financiers...

LES AUTEURS



CARLO RATTI
directeur du Senseable City Lab au MIT (États-Unis) et créateur du studio de design Carlo Ratti Associati



ASSAF BIDERMAN
directeur adjoint du Senseable City Lab et créateur de la société Superpedestrian

Vers la fin des parkings

L'UTILISATION DE RÉSEAUX DE VÉHICULES AUTONOMES ET DE CARREFOURS INTELLIGENTS TRANSFORMERA EN PROFONDEUR LES TRANSPORTS ET PAYSAGES URBAINS. POUR UNE MEILLEURE QUALITÉ DE VIE DANS LES VILLES ? OUI, MAIS À CONDITION D'ÉVITER LES PIÈGES QUI GUETTENT.

Les voitures et les villes entretiennent une relation complexe. Nous avons aujourd'hui tendance à les considérer comme de plus en plus incompatibles, étant donné l'engorgement croissant des routes et la pollution de l'air toujours plus élevée. Mais au cours du xx^e siècle, l'automobile a profondément marqué la planification urbaine. Comme l'architecte d'origine suisse Le Corbusier le déclarait dans son ouvrage *Urbanisme* paru en 1924 : « L'automobile [...] a complètement bouleversé toutes nos vieilles idées sur l'aménagement urbain. »

Près de cent ans plus tard, nous nous trouvons à un tournant similaire. Tout d'abord, on s'attend à ce que la demande en transports urbains fasse plus que doubler d'ici à 2050, ce qui signifie que nous devons plus que doubler la capacité des routes pour simplement maintenir l'engorgement aux niveaux actuels (et souvent inacceptables). Ensuite, grâce à la convergence rapide des technologies de l'information et de la communication, de la robotique et de l'intelligence artificielle, nos

systèmes de déplacement – voitures, autobus et autres moyens de transport – connaissent des transformations importantes. Une fois encore, ils sont sur le point de modifier radicalement le paysage urbain.

Les voitures sans conducteur, ou « voitures autonomes », sont en première ligne. Au cours des dernières décennies, les voitures sont passées des types de systèmes mécaniques que Henry Ford aurait pu reconnaître à de véritables ordinateurs sur roues. La voiture ordinaire d'aujourd'hui est équipée d'une batterie de capteurs qui collectent des données internes et externes afin de rouler en sécurité et avec efficacité. Des sociétés telles que Waymo (issue de Google), Cruise Automation (acquise par General Motors), Otto (acquise par Uber), Zoox et nuTonomy expérimentent de nouveaux capteurs qui peuvent « voir » une rue quasiment comme nos yeux le font. Une fois que vous avez entré ces informations dans un système d'intelligence artificielle embarqué, vous obtenez un véhicule complètement autonome, capable de naviguer dans un trafic dense sans la moindre intervention humaine.

>

DES CARREFOURS SANS FEUX, À CONTRÔLE AUTOMATIQUE

Quand une voiture s'approche de l'intersection, elle émet un signal de demande d'accès au système de gestion du carrefour, via un réseau wifi. Ce signal horodaté inclut les détails du trajet. Ici, la voiture rouge ① entre la première dans la zone de signallement, suivie par la voiture orange ②, puis par les voitures jaune ③ et verte ④.

Seuil à partir duquel l'accès au carrefour est demandé

Carrefour

Trajets
prédéfinis

Voiture
s'approchant
de la zone
de signallement

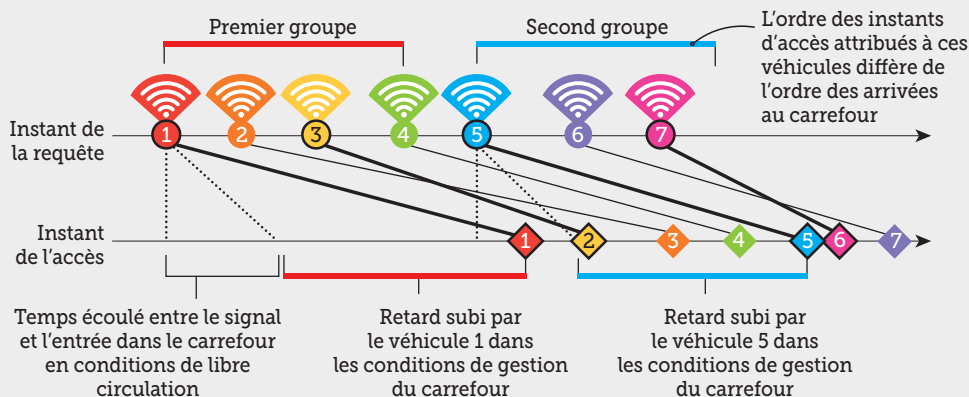
Distance de sécurité
Distance d'arrêt

Un second groupe, conduit
par la voiture bleue ⑤,
s'approche du carrefour.

Pour des raisons de sécurité, deux véhicules qui se suivent dans un même flux doivent respecter une distance de sécurité. Les véhicules appartenant à des flux différents sont séparés par la distance qui leur serait nécessaire pour s'arrêter.

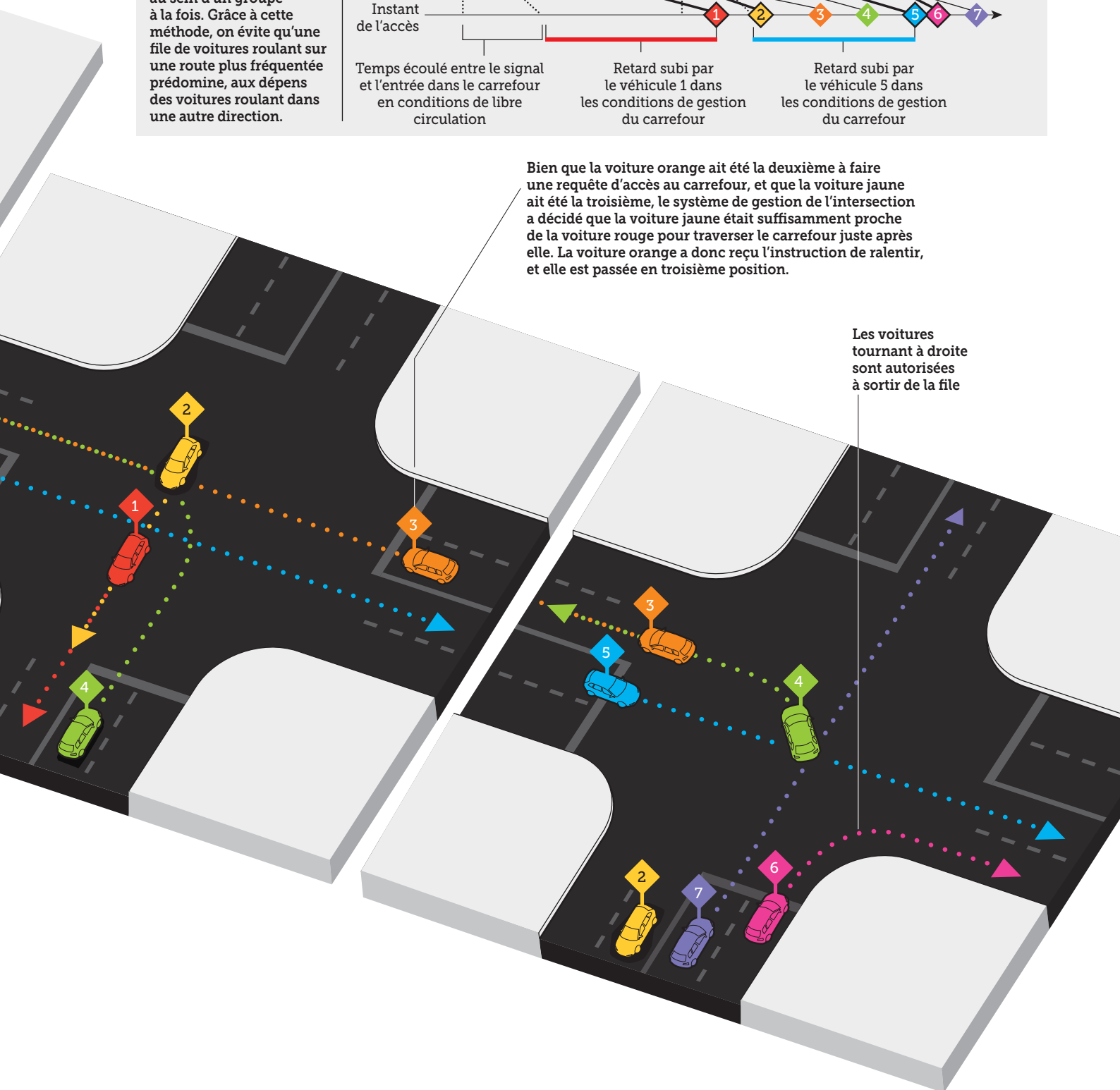
Avec les véhicules autonomes, les urbanistes pourront remplacer les feux tricolores par des carrefours gérés par « créneaux temporels », où chaque véhicule se voit affecter une fenêtre de temps durant laquelle il peut traverser l'intersection. Les études indiquent que, comparés aux carrefours à feux tricolores, ces systèmes permettraient à deux fois plus de véhicules de traverser l'intersection, dans un même laps de temps.

Les carrefours à créneaux temporels gagnent en efficacité quand le système de gestion automatisé considère des groupes de véhicules, ce qui lui permet de remanier l'ordre de passage des voitures au sein d'un groupe à la fois. Grâce à cette méthode, on évite qu'une file de voitures roulant sur une route plus fréquentée prédomine, aux dépens des voitures roulant dans une autre direction.



Bien que la voiture orange ait été la deuxième à faire une requête d'accès au carrefour, et que la voiture jaune ait été la troisième, le système de gestion de l'intersection a décidé que la voiture jaune était suffisamment proche de la voiture rouge pour traverser le carrefour juste après elle. La voiture orange a donc reçu l'instruction de ralentir, et elle est passée en troisième position.

Les voitures tournant à droite sont autorisées à sortir de la file



> Les véhicules autonomes libéreront une grande partie du temps que nous passons chaque jour à conduire, et ils rendront nos routes plus sûres. À l'évidence, ils vont changer les règles du jeu en vigueur dans nos villes. Mais de quelles façons? C'est loin d'être établi.

D'un côté, on peut imaginer que davantage de personnes se mettront à partager ces véhicules, lesquels transporteront alors un passager après l'autre, tout au long de la journée. Dans ce cas, nos cités pourraient poursuivre leur activité en utilisant une petite fraction seulement des véhicules actuellement en service.

D'un autre côté, nous pourrions connaître des scénarios plus « dystopiques », c'est-à-dire relevant d'une utopie qui vire au cauchemar. L'Américaine Robin Chase, cofondatrice et ancienne directrice générale de Zipcar, une société de service d'autopartage (voitures en libre-service), a mentionné dans ses écrits « des voitures zombies – celles avec personne à bord – qui obstruent nos villes et nos routes » faisant craindre le chômage pour les chauffeurs professionnels, une perte de revenu pour l'infrastructure des transports, et « un cauchemar de pollution, d'engorgement routier et d'agitation sociale ».

Alors, nirvana technologique ou dystopie urbaine? Pour s'attaquer à cette question, nous devons explorer les façons dont les véhicules autonomes pourraient modifier nos paysages urbains et les façons dont on s'y déplace.

L'ÉCONOMIE DE PARTAGE

En moyenne, les voitures sont immobilisées (au garage ou sur une place de stationnement) 96% du temps. Ce sont donc des candidates idéales pour l'économie de partage. Le potentiel de réduction de l'encombrement des routes est énorme. Une poignée de systèmes d'autopartage tels que Zipcar et car2go ont déjà un impact important sur le nombre total de véhicules dans nos villes: des spécialistes ont estimé que chaque véhicule partagé retire des rues entre 9 et 13 voitures particulières.

Ces avantages augmenteront de façon exponentielle à mesure que les véhicules autonomes, actuellement disponibles dans des versions expérimentales, gagneront une part notable du marché et estomperont la distinction entre modes de transports privés et publics. «Votre» voiture pourrait vous emmener au travail le matin, puis, au lieu de rester dans un parc de stationnement, conduire quelqu'un d'autre de votre famille ou de votre réseau de connaissances.

En conséquence, la durée d'utilisation de chaque véhicule pourrait passer de 1 à 24 heures par jour. Un article récent de nos collègues du MIT (l'institut de technologie du Massachusetts) rapporte que, dans de



Les voitures sont parquées 96 % du temps. Corollaire : les places de stationnement et les parkings occupent des surfaces considérables, au détriment d'autres installations ou activités.

telles conditions, la demande en mobilité d'une ville telle que Singapour – qui offre l'une des premières flottes de voitures autonomes du monde, accessibles au public – pourrait être satisfaite avec seulement 30 % de ses véhicules actuels. En plus du partage du véhicule, l'autonomie pourrait donner un nouvel essor au covoiturage. Des applications telles que Via, uberPool et Lyft Line permettent à plusieurs personnes de partager le même voyage, ce qui réduit les coûts d'exploitation et les tarifs individuels. L'autonomie pourrait dynamiser encore plus le covoiturage, tous les déplacements pouvant être gérés en ligne. Les analyses réalisées par notre laboratoire (Senseable City Lab) au MIT montrent que le covoiturage a un potentiel significatif dans les villes.

La ville de New York, par exemple, est tout à fait partageable. Le projet *HubCab* de notre laboratoire a réuni les données provenant de 170 millions de courses effectuées par 13 500 taxis Medallion (les célèbres taxis jaunes) de la ville – spécifiquement, les coordonnées de géolocalisation des lieux de prise en charge et dépôt du client, avec les durées de trajet correspondantes. Nous avons ensuite élaboré un modèle mathématique pour déterminer l'effet potentiel du covoiturage appliqué à ces courses. Ce projet a introduit le concept de «réseaux de partageabilité», permettant



d'optimiser les possibilités de covoiturage. Nos résultats quantitatifs montrent que le partage des taxis pourrait réduire le nombre global de voitures de 40 %, les passagers ne subissant que des retards minimes. D'autres travaux ont montré que des villes telles que San Francisco, Vienne et Singapour pourraient tirer des avantages du même ordre.

Qui plus est, en combinant l'autopartage et le covoiturage, une ville pourrait s'en sortir avec juste 20 % du nombre de voitures actuellement en circulation, ses habitants voyageant à la demande. Bien sûr, ces réductions sont théoriques. Dans la vie réelle, elles dépendraient du degré de bon vouloir des gens à adopter le covoiturage et des voitures autonomes. Mais toute chute du nombre de véhicules diminuerait les coûts et l'énergie investis dans la construction et l'entretien des infrastructures de transport. Des voitures moins nombreuses, cela pourrait également signifier des temps de trajet plus courts et un impact environnemental plus faible.

NI PARKINGS NI FEUX TRICOLORES

Les voitures autonomes ne nécessiteront pas de nouvelles infrastructures urbaines (des routes spécialement conçues, par exemple), mais elles entraîneront d'autres changements notables. Considérons le stationnement. Aux États-Unis, l'infrastructure du stationnement couvre plus de 20 000 kilomètres carrés, une surface presque aussi vaste que l'État du New Jersey. Si davantage de véhicules étaient partagés, nous aurions besoin de beaucoup moins de places de stationnement. Quelles en seraient les conséquences ?

Au cours du temps, il serait possible de réaffecter de vastes et précieux terrains urbains, actuellement occupés par des parcs de stationnement, à d'autres fonctions sociales. Le *Park(ing) Day*, événement annuel qui s'est tenu pour la première fois à San Francisco en 2005, donne quelques idées. Chaque année, dans le cadre de cet événement, des artistes, des designers et des citoyens sont invités à transformer des parkings à horodateurs en lieux publics temporaires. Dans le passé, des participants ont ainsi mis du gazon et placé des arbres et des bancs le long des trottoirs.

À une échelle beaucoup plus grande et sur une base permanente, les parcs de stationnement vacants pourraient être reconvertis pour offrir des équipements publics tels que des aires de jeux, des parcours de santé ou des pistes cyclables.

D'autres éléments courants du paysage urbain pourraient disparaître. Prenez les feux de signalisation (ou feux tricolores), une technique vieille de cent cinquante ans conçue à l'origine pour éviter que les voitures à chevaux

entrent en collision. Des véhicules autonomes équipés de capteurs, capables de communiquer entre eux pour maintenir des distances de sécurité, auront besoin de moins d'assistance aux carrefours. En conséquence, des intersections gérées par créneaux temporels, conçus à la façon des systèmes de contrôle du trafic aérien, pourraient remplacer les feux tricolores. À l'approche d'un carrefour, un véhicule contacterait automatiquement un système de gestion du trafic pour demander un accès. Le système lui assignerait alors un temps déterminé, ou « créneau temporel », pour traverser le carrefour (voir l'illustration pages 50-51).

Des intersections gérées par créneaux temporels réduiraient notablement les files d'attente des voitures et les ralentissements, comme l'a démontré notre projet *Light Traffic*. Les analyses montrent que les systèmes d'attribution en temps réel de créneaux temporels permettraient à deux fois plus de véhicules de traverser un carrefour, dans la même durée, que ne le font habituellement les feux tricolores. Cela aurait un impact majeur sur le réseau routier de n'importe quelle ville. Les temps de trajet et d'attente chuteraient ; la consommation de carburant baisserait ; et moins de circulation par à-coups (alternance de freinages et d'accélération) signifierait moins de pollution atmosphérique. Bonus supplémentaire, les intersections gérées par créneaux temporels sont suffisamment souples pour s'adapter aux piétons et aux cyclistes qui partagent la route.

Il convient de noter qu'une vision aussi séduisante ne dépend pas seulement de voitures autonomes et de systèmes intelligents de gestion du trafic. Elle nécessite aussi une coordination du marché bien meilleure. Les sociétés actuelles de covoiturage ont des plateformes indépendantes qui ne se concertent pas. Les clients ne peuvent pas comparer facilement les différentes options et les conducteurs ne peuvent pas profiter d'une demande globale. La situation est similaire à ce qu'était le secteur du transport aérien avant Internet, secteur où les passagers peuvent aujourd'hui comparer de nombreuses possibilités de vols par l'intermédiaire de plusieurs systèmes de diffusion globale qui suivent les normes établies par l'Open-Travel Alliance, et ainsi bénéficier d'une transparence et d'une concurrence accrues.

Dans les villes, deux approches sont susceptibles de créer une architecture de déplacement similaire. La première serait un effort « de bas en haut », où de petits acteurs du secteur commencent à adopter des normes communes. C'est ce qui commence à voir le jour avec une collaboration entre Lyft, aux États-Unis, Didi Chuxing, en Chine, Ola, en Inde, et GrabTaxi, ➤

> en Asie du Sud-Est. La seconde serait un effort «de haut en bas», mené par un gouvernement ou un organisme mondial, à l'instar du World Wide Web Consortium. Les services de transport étant déjà fortement régulés dans la plupart des pays, cela ne devrait pas être trop compliqué. Dans le cadre de l'une ou l'autre de ces approches, il serait possible de créer une plateforme de transport et de logistique à la fois puissante et transparente.

Les véhicules autonomes risquent aussi d'aggraver l'étalement urbain

L'autonomie des véhicules et le covoiturage sont à même d'introduire des changements extrêmement positifs dans le transport urbain. Mais si la transition vers la ville sans conducteurs n'est pas gérée prudemment, elle pourrait aussi avoir des conséquences négatives.

DES ÉCUEILS À ÉVITER

Le premier souci est la sécurité. Nous savons tous qu'un virus peut mettre en panne un ordinateur. Que se passera-t-il si un virus affecte le fonctionnement d'une voiture autonome? Le piratage malveillant est difficile à combattre avec les outils classiques à la disposition des industriels et des gouvernants, et il est particulièrement dangereux dans le cas de systèmes, tels que les voitures autonomes, qui combinent des technologies numériques et matérielles.

Des problèmes supplémentaires pourraient naître de ce que l'on pourrait appeler l'«abus de position dominante» des véhicules autonomes. Le coût du trajet au kilomètre pourrait chuter de façon si substantielle que les gens abandonneraient les transports publics au profit des voitures autonomes. Ce phénomène entraînerait à son tour une augmentation du nombre de véhicules en ville, avec pour conséquence de terribles embouteillages. En outre, le fait de maintenir des voitures en mouvement à toute heure plutôt que parkées 96 % du temps pourrait accroître la pollution.

Les voitures autonomes risquent d'avoir un autre effet inattendu: l'aggravation de

l'étalement urbain. Ce ne serait pas la première fois qu'une innovation technologique dans le domaine des transports entraînerait un tel effet. Dans son ouvrage *Sur les quatre routes*, paru en 1941, Le Corbusier décrivait comment cela s'est déroulé dans les premières décennies du xx^e siècle: «Le chemin de fer a transformé les villes en véritables aimants; elles se remplissaient et enflaient sans contrôle, et la campagne était progressivement abandonnée. C'était un désastre. Heureusement, l'automobile, grâce à l'organisation de ses Os, va rétablir cette harmonie rompue et commencer le repeuplement de la campagne.» Dans l'avenir, qu'en sera-t-il si les gens, devenus capables de faire des allers et retours domicile-travail tout en dormant ou en travaillant, décident de déménager à l'extérieur de la ville, en consommant des terres et en développant des zones résidentielles non viables?

Quelques autres menaces méritent d'être mentionnées. Les amendes, les tickets de stationnement et les diverses taxes liées à l'automobile représentent une source substantielle de revenus pour les diverses autorités locales ou nationales. Une utilisation généralisée de véhicules autonomes risque d'éliminer cette manne financière. On peut aisément imaginer ce qui arriverait pour les infrastructures routières des États-Unis, déjà bien délabrées, si ce scénario se vérifiait!

Les villes pourraient peut-être compenser cela en réaménageant des parcs de stationnement devenus inutiles et en construisant de nouvelles infrastructures générant des revenus. Mais nous devons également avoir conscience que, dans le monde entier, des millions de chauffeurs travaillant aujourd'hui dans les métiers de la logistique et du transport urbain pourraient se retrouver au chômage.

Comme l'a écrit Robin Chase: «Supprimer simplement les conducteurs des voitures et conserver à l'identique tous les autres éléments de notre système sera un désastre.» Il est donc impératif que nous regardions ces nouvelles technologies avec un œil critique et que nous les guidions vers les objectifs sociétaux que nous souhaitons. Une bonne politique aiderait à éviter les fâcheuses conséquences que nous avons décrites. Comme cela a été le cas au xx^e siècle, beaucoup dépendra d'un cycle vertueux d'essais et erreurs.

Cependant, si nous parvenons à gérer cette transition de façon réfléchie, les voitures autonomes aideront à nous constituer une vie urbaine plus sûre et plus agréable. Ce faisant, elles pourraient finalement renforcer la principale mission de nos villes, qui remonte à l'apparition des premiers villages humains il y a quelque 10 000 ans: nous rassembler, indépendamment du type de véhicules avec lequel nous nous déplaçons. ■

BIBLIOGRAPHIE

R. Tachet et al., **Scaling law of urban ride sharing**, *Scientific Reports*, vol. 7, article 42868, 2017.

R. Tachet et al., **Revisiting street intersections using slot-based systems**, *PLoS One*, vol. 11(3), article e0149607, 2016.

C. Ratti et M. Claudel, **The City of Tomorrow**, Yale University Press, 2016.



les conférences

vendredi 15 septembre à 11h

à la Cité des sciences et de l'industrie
Entrée libre dans la limite des places disponibles.

Évènement en direct **Cassini-Huygens: le Grand Finale** Assistez à l'ultime plongeon de Cassini dans l'atmosphère de Saturne.

Dernières images captées au plus près des nuages saturniens.
Bilan d'une mission de 30 ans issue de la collaboration entre la Nasa, l'Agence spatiale européenne (Esa) et l'Agence spatiale italienne (Asi): les anneaux, l'atmosphère de Saturne et ses tempêtes géantes, sa magnétosphère et ses aurores spectaculaires, les lacs de méthane de Titan, l'océan sous la surface glacée d'Encelade...

En présence de scientifiques, à Paris, et en direct du Jet Propulsion Laboratory (JPL) à Pasadena, en Californie.

► **Conseillers scientifiques:** Régis Courtin, CNRS et Observatoire de Paris; Marcello Fulchignoni, université Paris-Diderot et Observatoire de Paris; Laurent Lamy, Observatoire de Paris; Jean-Pierre Lebreton, LPC2E CNRS-Université d'Orléans; Francis Rocard, Cnes.

► **Séance animée sur place** par Gilles Dawidowicz, Société astronomique de France, et Frédéric Castel, journaliste scientifique, en direct du JPL en Californie.

Évènement retransmis en direct dans le hall de la Cité et sur réservation obligatoire à l'auditorium (cite-sciences.fr - rubrique - Conférences)

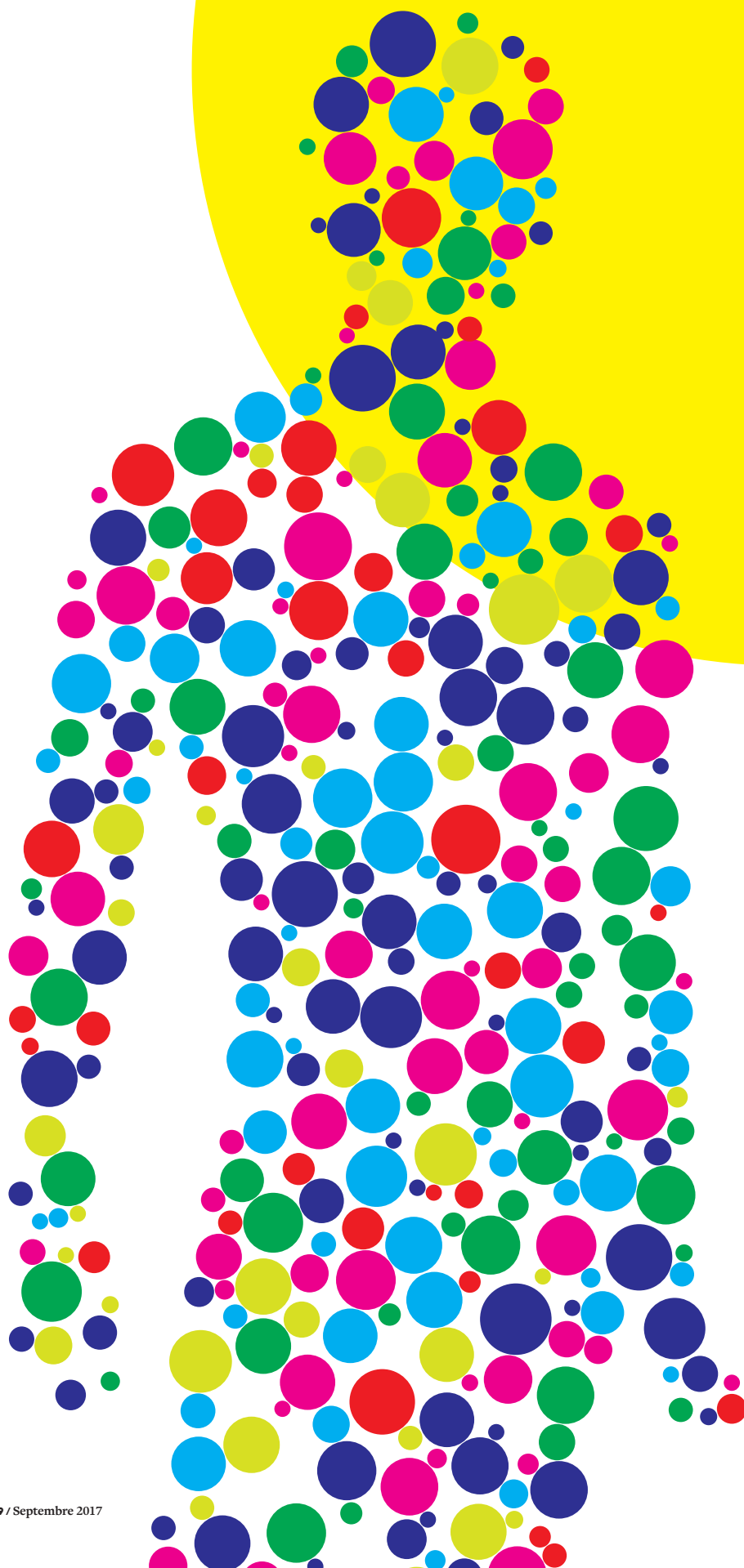
En partenariat avec



Avec le soutien de



programme complet sur cite-science.fr



L'ESSENTIEL

> Le premier arbre généalogique cellulaire a été obtenu dans les années 1980 par le Britannique John Sulston. À l'aide d'un microscope, il a retracé le lignage de chaque cellule du ver *Caenorhabditis elegans*.

> Aujourd'hui, des généticiens tentent d'établir la généalogie des cellules du corps humain.

> En comparant les génomes des cellules d'un individu, ils déterminent leurs liens de parenté.

> Étudier la filiation des cellules humaines devrait notamment aider à mieux comprendre l'apparition des cancers et leur évolution.

L'AUTEUR



EWEN CALLAWAY
journaliste
à *Nature*

Suivre le devenir de chaque cellule du corps

LES BIOLOGISTES S'ATTAQUENT AUJOURD'HUI À UN DÉFI TITANESQUE : RETRACER LA FILIATION DE CHAQUE CELLULE LORS DU DÉVELOPPEMENT D'UN INDIVIDU, DE L'EMBRYON À L'ADULTE.

Au début des années 1980, durant 18 mois, John Sulston a passé ses journées à regarder grandir des vers. Chaque jour, au cours de deux sessions de quatre heures, John Sulston observait un embryon de *Caenorhabditis elegans* à l'aide d'un microscope optique et dessinait ce qu'il voyait toutes les cinq minutes : d'abord un seul œuf fertilisé, puis les deux cellules résultantes, puis quatre, huit et ainsi de suite. Il travaillait seul, dans son minuscule bureau au Laboratoire de biologie moléculaire du Medical Research Council, à Cambridge, au Royaume-Uni. Entre deux observations, il s'occupait avec un Rubik's cube. « Je me suis trouvé des distractions », s'est remémoré le biologiste lauréat du prix Nobel, aujourd'hui retraité.

Ses centaines de dessins ont révélé l'inflexible ballet des premiers stades du développement du ver, au cours desquels 671 cellules naissaient et 111 mouraient (ou 113, selon le sexe du ver). On pouvait y relier chaque cellule à sa cellule-mère ainsi qu'à sa >