

Les cartes numériques HD, le futur de la mobilité : quelle valeur ajoutée aux systèmes de conduite automatisés ?

Par Vincent MARTINIER
TomTom France

Des cartes papier aux systèmes de navigation numériques sur écran tactile, l'évolution de la navigation a été un facteur particulièrement important dans l'essor de l'automobile et de la mobilité. La cartographie routière est à l'aube d'une nouvelle révolution. Sa métamorphose, débutée il y a vingt ans de cela, s'est opérée à travers la combinaison de deux facteurs clés : la géolocalisation par satellite et la transformation numérique. Alors que la finalité de la cartographie routière était de permettre à un conducteur de déterminer sa position et de lui proposer un itinéraire pour aller d'un point A vers un point B, l'émergence des systèmes de conduite automatisés se traduit par la délégation de plus en plus de fonctions de conduite à l'intelligence artificielle. Cette délégation sera totale avec l'avènement du véhicule autonome, pour l'essor duquel une nouvelle cartographie en haute définition sera essentielle. C'est le nouvel enjeu sur lequel travaille TomTom, l'un des leaders mondiaux des technologies de géolocalisation.

Dans un monde en mouvement permanent, les changements d'infrastructures routières sont constants. Si une carte ne reflète pas les derniers changements intervenus, tels que la construction d'une nouvelle route, un changement de sens de circulation ou l'ajout de nouveaux éléments d'adresse (numéros de rue, par exemple), l'automobiliste (ou plus tard l'intelligence artificielle à qui les fonctions de conduite sont progressivement déléguées) sera soudainement confronté à des erreurs d'interprétation pouvant compromettre sa sécurité et celle de ses passagers.

La réalité évolue aussi vite que le monde change : chaque jour, de nouvelles routes, de nouvelles rues, de nouvelles signalisations correspondent à des données à ajouter ou à modifier. La difficulté majeure en matière de cartographie routière est ainsi de retranscrire en permanence et dans un délai de plus en plus court les évolutions du réseau routier pour faire en sorte que celle-ci reste à jour.

Les sociétés aujourd'hui capables de proposer une cartographie routière globale, mise à jour régulièrement et présentant un contrôle de qualité strict se comptent sur les doigts d'une main – TomTom, société néerlandaise créée en 1991, est l'une d'entre elles : elle propose une cartographie représentant plus de 62 millions de kilomètres de

routes et une couverture géographique correspondant à 153 pays.

Les bases de données géographiques de TomTom s'enrichissent en permanence à la fois dans une dimension spatiale en raison de l'expansion de sa couverture géographique, et dans les attributs mêmes de la donnée cartographique par l'ajout d'éléments de sécurité et de gestion de la conduite, comme les degrés de dénivelé d'une route ou d'inclinaison d'un virage.

La cartographie routière met ainsi en œuvre des technologies de plus en plus complexes et procède de l'analyse d'une somme considérable de données. En effet, elle est aujourd'hui la résultante d'une agrégation de données permettant de reconstituer des zones, des lignes et des points, et de les relier à des informations de nature sémantique (adresses postales, points d'intérêt, subdivisions administratives, etc.). Le métier de cartographe consiste à produire, à relier et à compiler ces milliards de données en un minimum de temps. Il s'agit, aujourd'hui, de l'un des plus gros défis à relever en matière de *Big Data*.

Chacune de ces évolutions nécessite, au cas par cas, et pour chaque type de donnée, de résoudre un certain nombre de difficultés techniques. Elles concernent tout d'abord la donnée elle-même : il est ainsi nécessaire

d'analyser la typologie de la donnée, sa description (sémantique et modélisation informatique) et ses contraintes intrinsèques (durée de vie, maintenance, mises à jour, etc.). Puis la collecte des données en considérant le grand volume de celles-ci, leur qualité ou les algorithmes d'extraction automatique à mobiliser.

Pour répondre à ces nécessités, TomTom a optimisé au fil des années les techniques de cartographie professionnelles. TomTom s'appuie essentiellement sur deux sources de collecte et de mise à jour des informations, qui viennent enrichir les sources traditionnelles (cadastre, imagerie aérienne, etc.) : le Mobile Mapping, c'est-à-dire les relevés d'informations cartographiques opérés par des véhicules, directement sur le terrain, et les informations communautaires générées par les remontées en temps réel des utilisateurs des systèmes de géolocalisation.

La technique Mobile Mapping s'est progressivement imposée au sein des autres entreprises cartographiques ; elle consiste à embarquer à bord d'un véhicule toute une série de caméras reliées à des récepteurs GPS d'une grande précision afin d'enregistrer les informations constitutives du réseau routier, pour l'essentiel les axes principaux (autoroutes, routes nationales et départementales). La capture d'image présente trois avantages majeurs : elle est exhaustive, extrêmement précise dans le traitement des informations contenues, et elle est pérenne ; en effet, toutes les informations sont stockées et peuvent être traitées *a posteriori*.

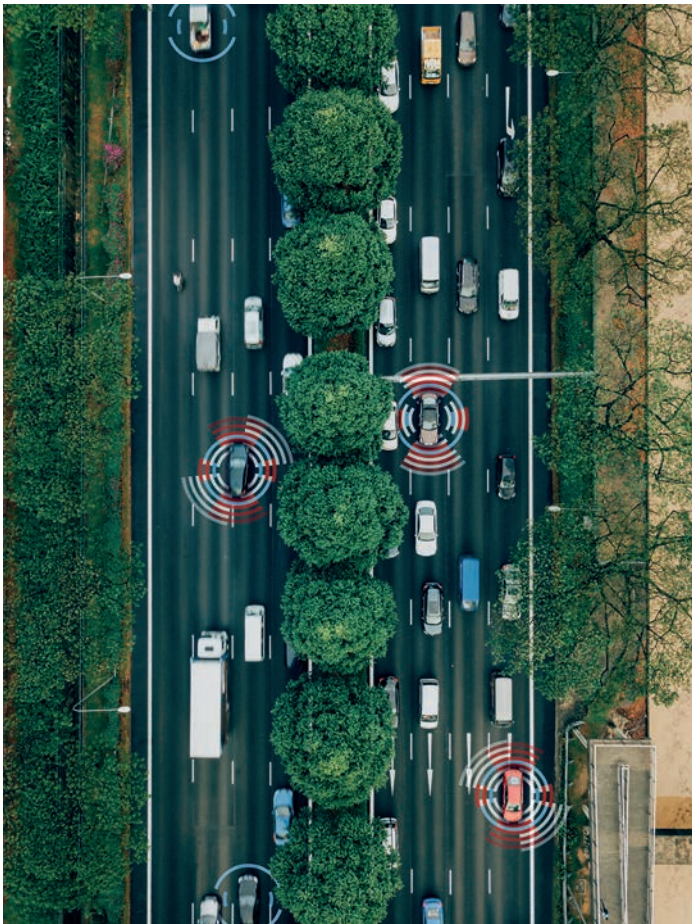


Figure 1 : Les véhicules autonomes compareront les relevés opérés par leurs capteurs avec les attributs de la carte HD pour pouvoir se localiser avec une plus grande précision. © Chuttersnap

En parallèle, TomTom utilise depuis plusieurs années les contributions des membres de sa communauté en agrégeant les traces GPS de plus de 550 millions d'appareils connectés. En moyenne, chaque jour, ce sont plus de 2 milliards de kilomètres parcourus par les conducteurs qui sont ainsi enregistrés par TomTom : cela représente plus de 21 milliards de points de données anonymes enregistrées chaque jour, soit plus de 7 800 milliards sur l'année. Toutes les vingt minutes, les systèmes de TomTom cartographient l'équivalent de la totalité du réseau routier d'une ville comme Berlin.

Il convient alors pour TomTom d'apporter les modifications identifiées dans sa base de données mère, en intégrant toutes les données collectées à partir de ses sources et observations – données traditionnelles (sources administratives officielles), imagerie aérienne, traces GPS en continu –, et de procéder à l'agrégation de toutes ces sources dans sa base de données.

Chaque mois, 1,5 milliard de changements sont ainsi reportés dans ses cartes. En moyenne, la base de données cartographique de TomTom est modifiée plus de cinq cent soixante-dix fois par seconde. Ces changements concernent indifféremment des modifications de nature géométrique, des modifications des caractéristiques routières, la création de nouveaux carrefours, de giratoires, ou encore l'ajout de nouveaux points d'intérêt ou de nouveaux noms de rue et éléments d'adresse.

La phase suivante consiste pour cette entreprise à fournir à ses clients des cartes mises à jour et toujours plus précises, et ce dans un minimum de temps. Pour ce faire, TomTom a mis au point une plateforme de production cartographique dite transactionnelle, qui, alimentée en continu, repose sur l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle pour permettre des cycles courts entre la détection de changements intervenus dans le monde réel et la mise à jour des cartes, avec des niveaux de qualité garantis. Cette évolution permanente permet à TomTom de gérer tous les niveaux de détail, aussi bien pour ses cartes de navigation actuelles que pour ses nouvelles cartes en haute définition indispensables à l'essor des futurs véhicules autonomes.

La course au temps réel

Jusque tout récemment, le traitement et la livraison des nouvelles cartes s'effectuaient par lots (*batch*) : une nouvelle carte était recompilée, puis transmise au client sur support physique, une fois par an ; puis ce cycle de production est descendu à trois mois. Grâce aux mises à jour incrémentielles de la plateforme transactionnelle, il est possible de produire une carte à un rythme accéléré tout en intégrant chaque jour des millions de modifications (transactions). Chaque modification apportée à la carte est vérifiée et validée afin de satisfaire aux critères de qualité exigés par les clients de l'écosystème de la mobilité.

Une nouvelle version cartographique est désormais produite chaque semaine – un temps de production qui pourrait même être réduit si tant est que l'industrie le demande. Ces nouvelles versions sont postées sur le *cloud*, puis

téléchargées par les services de clients gravitant dans les mondes de l'automobile et de l'informatique.

Le temps écoulé entre un changement intervenu dans le monde réel et la représentation de celui-ci dans les cartes est désormais considérablement écourté, une célérité qui permet à TomTom de fournir des services de mobilité en temps réel et les clés de la future navigation autonome.

De nouvelles cartes HD pour la conduite autonome

La conduite autonome s'articulera autour de quatre piliers : 1) la détection et l'interprétation des informations collectées au moyen des radars, lidars et caméras embarqués dans les véhicules, 2) le calcul de la trajectoire à prendre en fonction de ces informations et 3) la mécanisation de la détermination de cette trajectoire. Le quatrième pilier est la cartographie HD qui constitue un élément essentiel du puzzle, laquelle améliore considérablement la sécurité et le confort de conduite des véhicules autonomes. Pour tout un ensemble de fonctionnalités sophistiquées d'automatisation de la conduite, les capteurs embarqués font preuve de capacités supérieures aux sens humains. La cartographie HD étend le champ de lecture d'une voiture autonome bien au-delà du prochain virage.

Les véhicules autonomes auront besoin de cartes très différentes de celles utilisées dans les systèmes de navigation actuels. Aujourd'hui, les cartes numériques sont construites pour répondre aux usages des automobilistes : pour leur permettre de s'orienter, de planifier leur voyage et de naviguer jusqu'à leur destination finale. Toutefois, au fur et à mesure que la tâche de conduite assurée par des systèmes de conduite automatisés se mue en une conduite de plus en plus autonome, le rôle des

cartes évolue. Le positionnement par satellite n'est plus assez précis pour répondre aux exigences des véhicules équipés de fonctions automatisées. Une nouvelle génération de cartes spécialement conçues pour les machines et non pour les humains est désormais nécessaire.

Ces cartes de nouvelle génération généralement appelées cartes haute définition (HD) se présentent sous la forme d'une représentation très précise et réaliste de la route. Elles doivent permettre aux véhicules de voir au-delà du champ de vision humain, offrir une représentation précise de la route et des informations environnantes, avec des attributs tels que la géométrie des voies, les panneaux de signalisation, le mobilier routier – et tout cela avec une précision de quelques centimètres. Ces attributs permettent aux véhicules automatisés de se situer avec précision sur la route, et de modéliser leur environnement en interagissant avec leurs capteurs.

Cette technologie est d'ores et déjà essentielle aux véhicules dotés de systèmes avancés d'assistance au conducteur (ADAS) pour une gamme d'applications très large, tel que le contrôle prédictif du groupe motopropulseur. Le véhicule va ainsi adapter sa vitesse aux caractéristiques de la route : par exemple, en anticipant une côte à venir ou un virage serré à négocier. Si le trafic est dense et que les intempéries altèrent la visibilité ou recouvrent les marquages au sol, la cartographie HD permettra de « voir » au-delà afin de renforcer les performances des systèmes d'assistance à la conduite et d'accroître la sécurité.

Une redondance des systèmes pour plus de sécurité

Obtenir la confiance des futurs usagers est essentiel pour le succès des véhicules autonomes. L'idée même de la défaillance des capteurs est un sujet de préoccupation pour

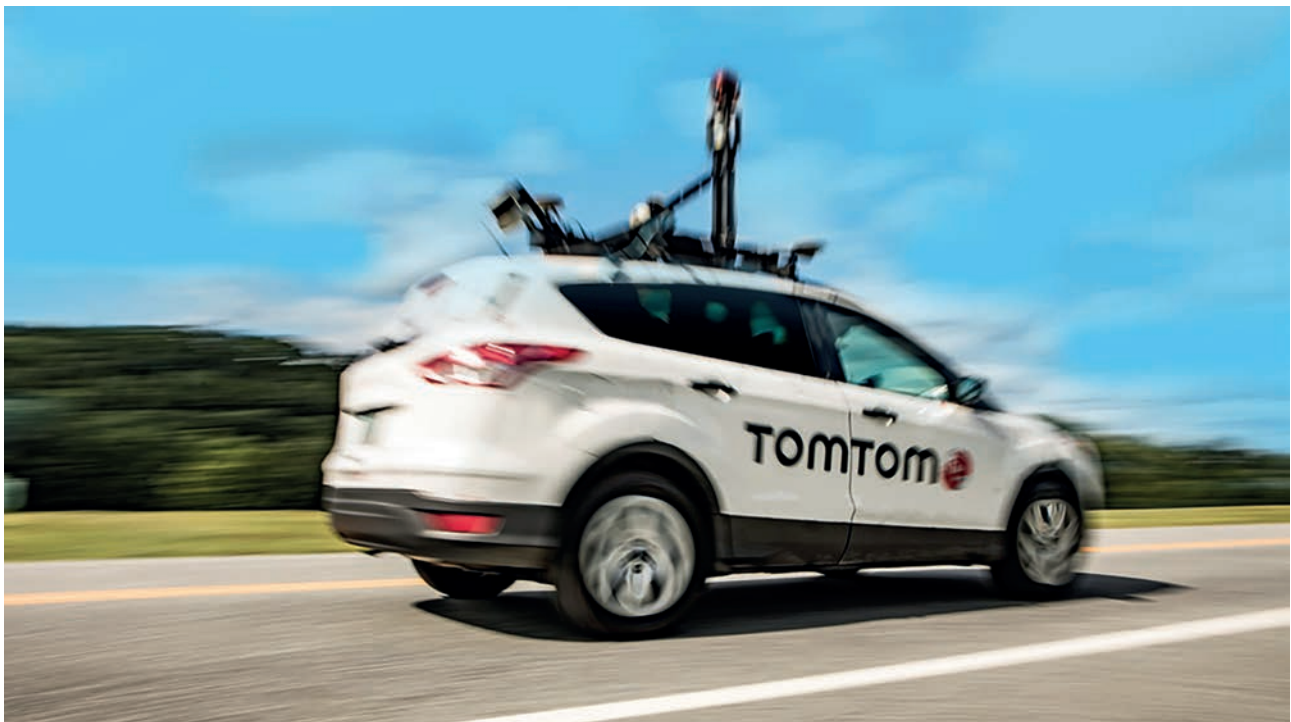
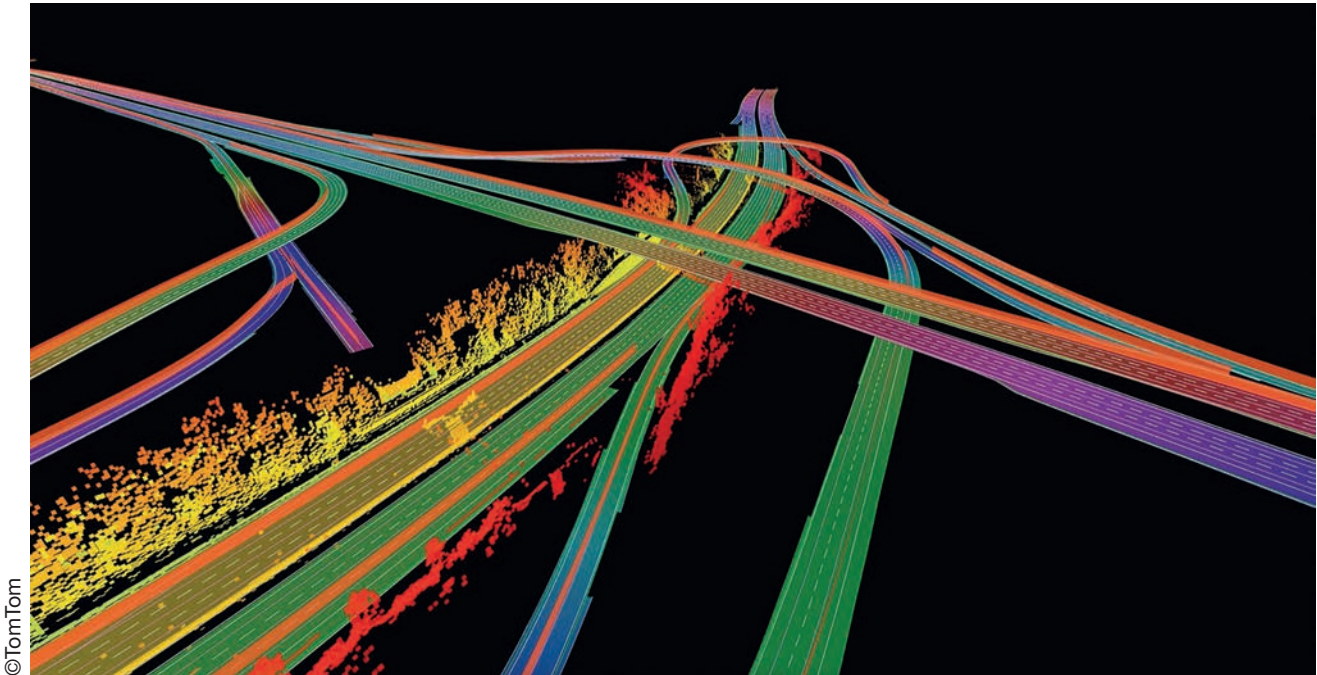


Figure 2 : Les véhicules Mobile Mapping sont la première source de collecte des données utilisées pour confectionner la carte HD.



©TomTom

Figure 3 : Les cartes HD proposent une représentation très précise de la route, avec des attributs tels que la géométrie des voies, les panneaux de signalisation, le mobilier routier...

de nombreux consommateurs. Plusieurs voitures déjà en circulation sont équipées de capteurs capables d'identifier le marquage routier, les véhicules présents à proximité et les obstacles sur la route. Avoir la carte comme couche supplémentaire de détection permet d'éliminer certains doutes. L'amélioration de la sécurité routière est généralement présentée comme le plus grand avantage de la conduite autonome, du fait d'une réduction significative des erreurs humaines au volant. La sécurité supplémentaire apportée par la technologie de cartographie HD est essentielle pour concrétiser la vision que l'on a du véhicule autonome.

Un système interconnecté

Les cartes HD ne sont pas des produits pouvant fonctionner en autonomie : elles doivent être combinées à d'autres fonctionnalités connectées au sein d'un système automatisé embarqué dans le véhicule. TomTom utilise ainsi les *data* relevées par les divers capteurs du véhicule et les compare à ses données cartographiques en 360°. Le véhicule peut alors déterminer son positionnement exact, avec une précision de l'ordre du décimètre.

Pour s'assurer que les cartes reflètent au mieux la réalité à l'instant T, la carte doit être mise à jour en temps réel. Pour produire sa cartographie HD de base, TomTom utilise comme première source d'information les données

collectées par ses véhicules Mobile Mapping équipés de nombreux capteurs. Les données sont traitées de façon à restituer une vue extrêmement détaillée de l'environnement. Un apprentissage automatique permet d'automatiser et d'accélérer le processus de collecte et de traitement. À ce jour, toutes les autoroutes d'Europe, d'Amérique du Nord et du Japon ont été cartographiées en HD, ce qui représente plus de 400 000 km.

Stockées dans le *cloud*, toutes les données et tous les attributs cartographiques collectés sont retransmis à la voiture autonome, le plus en amont possible. À chaque modification, une mise à jour est envoyée, constituant une pièce d'un puzzle géant. À chaque passage du véhicule autonome, une nouvelle représentation de l'espace intégrant les modifications est remontée au *cloud* de TomTom pour y être traitée instantanément. Ce circuit en boucle fermée permet ainsi de maintenir en permanence la cartographie à jour.

La mobilité va, dans les prochaines années, être de plus en plus partagée, connectée et autonome, rendant les routes plus sûres, les villes moins embouteillées – et donc moins polluées –, et les conducteurs moins stressés. Cette mobilité s'articule donc autour d'un pivot essentiel, la cartographie HD, qui est l'élément indispensable à l'écriture de cette nouvelle page de la navigation.